



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA**

**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL JUGO DE
TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav*) PREPARADO A DIFERENTES TIEMPOS
DE COCCIÓN DEL FRUTO**

AUTOR: Pablo Danilo Carrera Oscullo
e-mail: pablodacar@yahoo.com

**Tesis de Grado para optar por el Título Profesional de
QUÍMICO**

Tutor: MSc. Consuelo Dolores Andrade Granja
e-mail: consueloandradeg@hotmail.com

Quito, Abril del 2013

Carrera Oscullo, Pablo Danilo (2013). Determinación de las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto. Trabajo de investigación para optar por el grado de Químico. Carrera de Química. Quito: UCE. 115 p.

DEDICATORIA

*Las únicas mentiras que se
pueden hacer realidad son
aquellas llamadas sueños.*

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Central del Ecuador, a la Facultad de Ciencias Químicas y a todos sus profesores por los conocimientos impartidos.
- Al Dr. Fernando Novillo por su ayuda incondicional durante la realización de esta investigación.
- A la Dra. Consuelo Andrade, al Dr. Ramiro Acosta, a la Dra. Teresa Gordón y al Dr. Arturo Bastidas por su valiosa ayuda, cooperación y sugerencias para la realización de esta investigación
- Al Dr. Ronny Flores y a los Señores Ayudantes de Cátedra: José Guachamín, Lenin Vaca, Carlos Vásquez, Julio Terán, Pablo Saavedra López, Ivonne Vásquez, David Salgado y Paola Gutiérrez por su ayuda incondicional y su valiosa cooperación con los laboratorios y equipos , sin los cuales hubiese sido imposible la realización de esta investigación. Muchas gracias.
- Un agradecimiento muy especial a mis padres Teresa, Alberto y a mis hermanos Wilson y Diego por su apoyo en todo momento y comprensión en los momentos difíciles.
- Un agradecimiento para todos mis amigos por estar en las buenas y en las malas y por todas las experiencias compartidas en la Facultad, que seguro quedarán en la memoria para siempre.

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE QUÍMICA

Yo, Pablo Danilo Carrera Oscullo en calidad de autor del trabajo de investigación o tesis realizada sobre “Determinación de las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, a 23 de Abril del 2013

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pablo Carrera O.', enclosed within a large, loopy oval shape.

Pablo Carrera O.

C.I. 1718555236

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE QUÍMICA

Por la presente, dejo constancia que he leído la Tesis presentada por el Señor Pablo Danilo Carrera Oscullo para optar por el título profesional de Químico cuyo tema es “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum Cav*), PREPARADO A DIFERENTES TIEMPOS DE COCCIÓN DEL FRUTO”, la misma que reúne los requerimientos y los méritos suficientes para ser sometido a evaluación por el Tribunal Calificador.

En la ciudad de Quito, a los 23 días del mes de Abril del 2013



MSc. Consuelo Andrade G.

C.I. 1001057650

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

INFORME DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

Quito, 23 de Abril del 2013

Señor
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
Presente

Señor Decano:

El Tribunal encargado de calificar la Tesis "DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL JUGO DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav), PREPARADO A DIFERENTES TIEMPOS DE COCCIÓN DEL FRUTO".

presentada por: PABLO DANILO CARRERA OSCULLO

estudiante de la Carrera de: QUÍMICA

luego del estudio y revisión correspondiente, resolvió:

APROBAR ☒ la Tesis con la NOTA de: 19/20 (DIECINUEVE)

y autorizar para que la escriba definitivamente.

REPROBAR ☐ la Tesis.

Es cuanto podemos informar.

Atentamente,



PROFESOR

Nombre: Consuelo Andrade
100105765-0



PROFESOR

Nombre: RAMIRO ACOSTA
170781069-1



PROFESOR

Nombre: ARTURO BASTIDAS
17.0038784-6

LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en los Laboratorios de Fisicoquímica, Coloideoquímica y Química Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

CONTENIDO

| | pág. |
|---|----------|
| RESUMEN DOCUMENTAL..... | xvi |
| SUMMARY..... | xvii |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Planteamiento del Problema..... | 1 |
| 1.2 Formulación del Problema | 1 |
| 1.3 Objetivos..... | 2 |
| 1.3.1 Objetivo General | 2 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.4 Importancia y Justificación de la Investigación..... | 2 |
| 2 MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1 Antecedentes | 3 |
| 2.2 Fundamento Teórico | 3 |
| 2.2.1 Tomate de árbol..... | 3 |
| 2.2.1.1 Clasificación Botánica | 3 |
| 2.2.1.2 Origen y distribución | 4 |
| 2.2.1.3 Descripción | 4 |
| 2.2.1.4 Composición nutricional del tomate de árbol..... | 5 |
| 2.2.1.5 Variedades de tomates de árbol en el Ecuador | 6 |
| 2.2.2 Tratamientos térmicos | 8 |
| 2.2.2.1 Acción del calor sobre los constituyentes de los alimentos | 9 |
| 2.2.2.2 Cocción..... | 12 |
| 2.2.3 Jugos..... | 13 |
| 2.2.3.1 Jugo (zumo) de fruta | 13 |
| 2.2.3.2 Jugo (zumo) concentrado de fruta- INEN 2337:2008 | 13 |
| 2.2.4 Propiedades fisicoquímicas | 13 |
| 2.2.4.1 Potencial de hidrógeno (pH) | 13 |
| 2.2.4.2 Acidez titulable..... | 14 |
| 2.2.4.3 Sólidos solubles (° Brix)..... | 15 |
| 2.2.4.4 Viscosidad..... | 16 |
| 2.2.4.5 Tensión superficial (γ) | 17 |
| 2.2.4.6 Capacidad antioxidante | 18 |
| 2.2.4.6.2 Antioxidantes | 19 |
| 2.2.4.6.3 Métodos para la determinación de la capacidad antioxidante..... | 20 |
| 2.2.4.6.4 Método del ácido 2,2' -azino-bis (3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico (ABTS)..... | 21 |

| | pág. |
|-----------|--|
| 2.2.5 | Propiedades organolépticas 23 |
| 2.2.5.1 | Color 23 |
| 2.2.5.1.1 | Carotenoides 25 |
| 2.2.5.1.2 | Clorofilas 26 |
| 2.2.5.1.3 | Antocianinas 26 |
| 2.2.5.1.4 | Flavonoides 27 |
| 2.2.5.1.5 | Betaláínas 28 |
| 2.2.5.1.6 | Taninos 28 |
| 2.2.5.1.7 | Mioglobina y hemoglobina 28 |
| 2.2.5.2 | Olor 29 |
| 2.2.5.3 | Sabor 29 |
| 2.2.5.4 | Evaluación organoléptica 30 |
| 2.2.5.4.1 | Pruebas hedónicas o de medición del grado de satisfacción 31 |
| 2.2.5.4.2 | Evaluación color 31 |
| 2.2.5.4.3 | Evaluación olor 32 |
| 2.2.5.4.4 | Evaluación sabor 32 |
| 2.2.6 | Análisis nutricional 32 |
| 2.2.6.1 | Humedad 32 |
| 2.2.6.2 | Proteínas 33 |
| 2.2.6.3 | Lípidos 34 |
| 2.2.6.4 | Hidratos de carbono 34 |
| 2.2.6.5 | Fibra 34 |
| 2.2.6.6 | Cenizas 35 |
| 2.2.7 | Análisis estadístico 36 |
| 2.2.7.1 | Análisis de varianza 36 |
| 2.2.7.2 | Diseños factoriales 36 |
| 2.2.7.2.1 | Diseños factoriales con dos factores 36 |
| 2.2.7.3 | Comparaciones o pruebas de rango múltiples 37 |
| 3 | METODOLOGÍA 39 |
| 3.1 | Tipo de Investigación 39 |
| 3.2 | Población y Muestra 39 |
| 3.2.1 | Población 39 |
| 3.2.2 | Muestra 40 |
| 3.3 | Diseño experimental 40 |
| 3.3.1 | Diseño metodológico 40 |

| | pág. |
|-----------|---|
| 3.3.1.1 | Primera parte..... 40 |
| 3.3.1.2 | Segunda parte..... 41 |
| 3.3.1.3 | Tercera parte 41 |
| 3.3.2 | Diagrama de flujo 41 |
| 3.3.3 | Diseño estadístico 43 |
| 3.3.3.1 | Variables Independientes 43 |
| 3.3.3.2 | Variables Dependientes..... 43 |
| 3.3.3.3 | Tratamiento estadístico 43 |
| 3.4 | Técnicas e instrumentos analíticos 44 |
| 3.4.1 | Análisis físico del fruto del tomate de árbol – INEN 1909:2009 44 |
| 3.4.1.1 | Determinación del tamaño del fruto 44 |
| 3.4.1.1.1 | Diámetro máximo 44 |
| 3.4.1.1.2 | Longitud..... 44 |
| 3.4.1.1.3 | Masa 45 |
| 3.4.1.2 | Determinación del contenido de pulpa 45 |
| 3.4.1.3 | Determinación de la madurez del tomate de árbol 45 |
| 3.4.2 | Preparación del jugo de tomate de árbol 46 |
| 3.4.2.1 | Instrumental 46 |
| 3.4.2.2 | Procedimiento 46 |
| 3.4.3 | Determinación del pH de los jugos 46 |
| 3.4.3.1 | Instrumental 46 |
| 3.4.3.2 | Procedimiento 47 |
| 3.4.4 | Determinación acidez titulable 47 |
| 3.4.4.1 | Instrumental 47 |
| 3.4.5 | Determinación Sólidos Solubles °Brix..... 49 |
| 3.4.5.1 | Instrumental 49 |
| 3.4.5.2 | Procedimiento 50 |
| 3.4.6 | Determinación de la viscosidad del jugo de tomate de árbol 50 |
| 3.4.6.1 | Instrumental 50 |
| 3.4.6.2 | Procedimiento 50 |
| 3.4.7 | Determinación de la tensión superficial..... 52 |
| 3.4.7.1 | Instrumental. 52 |
| 3.4.8 | Determinación de la capacidad antioxidante del tomate de árbol 53 |
| 3.4.8.1 | Instrumental 54 |
| 3.4.8.2 | Reactivos 54 |

| | pág. |
|---|-----------|
| 3.4.8.3 Extracción compuestos actividad antioxidante..... | 55 |
| 3.4.8.4 Medición de la capacidad antioxidante por el método del ABTS | 55 |
| 3.4.9 Determinación del color | 55 |
| 3.4.10 Análisis sensorial..... | 55 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 56 |
| 4.1 Análisis e interpretación de resultados | 56 |
| 4.1.1 Determinación del tamaño del tomate de árbol..... | 56 |
| 4.1.2 Determinación del contenido de pulpa..... | 56 |
| 4.1.3 Determinación de la madurez del tomate de árbol | 57 |
| 4.1.4 Determinación del pH de los jugos de tomate de árbol..... | 57 |
| 4.1.5 Determinación de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol | 60 |
| 4.1.6 Determinación de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol..... | 62 |
| 4.1.7 Determinación de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol. | 65 |
| 4.1.8 Determinación de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol | 68 |
| 4.1.9 Determinación de la capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico | 71 |
| 4.1.10 Determinación de la capacidad antioxidante expresada como trolox | 74 |
| 4.1.11 Determinación del color de los jugos de tomate de árbol | 76 |
| 4.1.12 Análisis sensorial de los jugos de tomate de árbol..... | 80 |
| 4.1.12.1 Evaluación hedónica del sabor..... | 81 |
| 4.1.12.2 Evaluación hedónica del color | 82 |
| 4.1.12.3 Evaluación hedónica del olor | 84 |
| 4.1.13 Análisis nutricional del jugo de mayor preferencia..... | 86 |
| 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 88 |
| 5.1 Conclusiones..... | 88 |
| 5.2 Recomendaciones | 90 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 91 |
| ANEXOS | 94 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 2.1 Clasificación botánica del tomate de árbol | 4 |
| Tabla 2.2 Valor nutritivo del tomate de árbol por cada | 5 |
| Tabla 2.3 Características físicas, químicas y nutricionales del tomate de árbol criollo puntón..... | 8 |
| Tabla 2.4 Sustancias antioxidantes y sus mecanismos de acción..... | 20 |
| Tabla 2.5 ANOVA para el diseño factorial a x b..... | 37 |
| Tabla 2.6 Representación de medias muestrales mediante el método de Tukey | 38 |
| Tabla 3.1 Tabla de correlación entre el tamaño, diámetro, longitud y masa del tomate de..... | 44 |
| Tabla 4.1 Resultados de la determinación del tamaño del tomate de árbol..... | 56 |
| Tabla 4.2 Resultados de la determinación del porcentaje de pulpa del tomate de árbol | 56 |
| Tabla 4.3 Resultados de la determinación del índice de madurez del tomate de árbol | 57 |
| Tabla 4.4 Valores promedio del pH de los jugos de tomate de árbol..... | 58 |
| Tabla 4.5 Análisis de varianza de los valores de pH | 59 |
| Tabla 4.6 Resultados prueba de Tukey al 95% | 59 |
| Tabla 4.7 Valores promedio de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol | 60 |
| Tabla 4.8 Análisis de varianza de los valores de la acidez titulable..... | 61 |
| Tabla 4.9 Resultados prueba de Tukey al 95% | 62 |
| Tabla 4.10 Valores promedio de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol..... | 63 |
| Tabla 4.11 Análisis de varianza de los valores de los grados Brix | 64 |
| Tabla 4.12 Resultados prueba de Tukey al 95% | 65 |
| Tabla 4.13 Valores promedio de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol a 20°C | 65 |
| Tabla 4.14 Análisis de varianza de los valores de la viscosidad | 67 |
| Tabla 4.15 Resultados prueba de Tukey al 95% | 68 |
| Tabla 4.16 Valores promedio de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol a 20°C | 69 |
| Tabla 4.17 Análisis de varianza de los valores de la tensión superficial..... | 70 |
| Tabla 4.18 Resultados prueba de Tukey al 95% | 70 |
| Tabla 4.19 Valores promedio de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol | 71 |
| Tabla 4.20 Análisis de varianza de los valores de la capacidad antioxidante expresada como | 73 |
| Tabla 4.21 Resultados prueba de Tukey al 95% | 73 |
| Tabla 4.22 Valores promedio de la capacidad antioxidante expresada como trolox..... | 74 |
| Tabla 4.23 Análisis de varianza de los valores de la capacidad antioxidante expresada como | 75 |
| Tabla 4.24 Resultados prueba de Tukey al 95% | 76 |
| Tabla 4.25 Valores promedio del color de los jugos de tomate de árbol | 77 |
| Tabla 4.26 Análisis de varianza de los valores de color | 79 |
| Tabla 4.27 Resultados prueba de Tukey al 95% | 80 |

| | | |
|------------|--|----|
| Tabla 4.28 | Valores asignados para la escala hedónica | 80 |
| Tabla 4.29 | Valores promedio del resultado de la evaluación hedónica del sabor de los jugos de ... | 81 |
| Tabla 4.30 | Análisis de varianza de los valores de la evaluación hedónica del sabor | 81 |
| Tabla 4.31 | Resultados prueba de Tukey al 95% | 82 |
| Tabla 4.32 | Valores promedio del resultado de la evaluación hedónica del color de los jugos de ... | 83 |
| Tabla 4.33 | Análisis de varianza de los valores de la evaluación hedónica del color..... | 83 |
| Tabla 4.34 | Resultados prueba de Tukey al 95% | 84 |
| Tabla 4.35 | Valores promedio del resultado de la evaluación hedónica del olor de los jugos de..... | 85 |
| Tabla 4.36 | Análisis de varianza de los valores de la evaluación hedónica del olor | 85 |
| Tabla 4.37 | Resultados prueba de Tukey al 95% | 86 |
| Tabla 4.38 | Análisis nutricional del jugo de tomate de árbol criollo puntón preparado con el | 87 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|---|------|
| Figura 2.1 Tomate de árbol En: (CustomLogistic, 2007) | 5 |
| Figura 2.2 Reacción de Maillard En: (Valdés, 2006) | 10 |
| Figura 2.3 Degradación del ácido ascórbico En: (Badui, 2006) | 11 |
| Figura 2.4 Modelo de Newton para explicar la viscosidad En:..... | 16 |
| Figura 2.5 Estructura ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico)..... | 22 |
| Figura 2.6 Solución verde azulada del catión radical ABTS ^{•+} sufriendo un proceso de | 22 |
| Figura 2.7 Fórmula estructural de la Vitamina E y Trolox En: (Davies, 1988) | 23 |
| Figura 3.1 Tomate de árbol criollo puntón o anaranjado puntón | 39 |
| Figura 3.2 Tomate de árbol rojo o mora | 40 |
| Figura 3.3 Diagrama de flujo general de la investigación | 42 |
| Figura 3.4 Instrumentos para determinar el tamaño del tomate | 44 |
| Figura 3.5 Escala de color del tomate de árbol para determinar su grado de madurez..... | 45 |
| Figura 3.6 Equipo para la determinación de pH | 47 |
| Figura 3.7 Equipos para la determinación de | 49 |
| Figura 3.8 Brixómetro Boeco | 50 |
| Figura 3.9 Viscosímetro Brookfield RV | 51 |
| Figura 3.10 Partes viscosímetro Brookfield | 52 |
| Figura 3.11 Equipo para la determinación | 53 |
| Figura 3.12 Materiales para la determinación de la capacidad antioxidante | 54 |
| Figura 4.1 Variación del pH de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de | 58 |
| Figura 4.2 Variación de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol con respecto al | 61 |
| Figura 4.3 Variación de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol con respecto al | 63 |
| Figura 4.4 Variación de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo | 66 |
| Figura 4.5 Variación de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol con respecto | 69 |
| Figura 4.6 Variación de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol | 72 |
| Figura 4.7 Variación de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol expresada | 75 |
| Figura 4.8 De izquierda a derecha los jugos de tomate de árbol criollo puntón preparados | 78 |
| Figura 4.9 De izquierda a derecha los jugos de tomate de árbol rojo preparados con los | 78 |
| Figura 4.10 Variación del color del color de los jugos de tomate de árbol con respecto al | 79 |

RESUMEN DOCUMENTAL

El propósito de esta investigación fue evaluar los cambios producidos en las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol, que fue preparado después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción. Se trabajó con dos variedades de tomate de árbol: tomate criollo puntón y tomate rojo.

A los jugos se les analizaron las siguientes propiedades: pH, acidez titulable, °Brix, viscosidad, tensión superficial, capacidad antioxidante y color.

El pH, la viscosidad y la tensión superficial de los jugos aumentaron al incrementarse los tiempos de cocción del fruto y la acidez titulable y los grados Brix disminuyeron. La capacidad antioxidante al principio aumentó y luego disminuyó.

El color de los jugos de tomate de árbol criollo puntón fue tomando tonalidades amarillas más claras a medida que aumentaron los tiempos de cocción del fruto. En cambio, el color de los jugos de tomate de árbol rojo al principio fue tomando tonalidades más rojizas y desde los 15 minutos de cocción fue tomando tonalidades pardas.

Luego se realizaron unas pruebas sensoriales hedónicas o de preferencia. El jugo de tomate de árbol criollo puntón elaborado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción, fue el que tuvo el mayor grado de aceptación por parte de los jueces.

Finalmente se realizó un análisis nutricional del jugo de mayor aceptación y del jugo de la misma variedad que el anterior, pero sin cocción del fruto. La concentración de proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra y cenizas fue menor en el jugo elaborado con el fruto cocido.

PALABRAS CLAVES

TOMATE DE ÁRBOL, JUGOS DE FRUTAS, SOLANUM BETACEUM CAV, NORMA INEN 1909:2009, FRUTAS TROPICALES, ALIMENTOS-COMPOSICIÓN-TOMATE DE ÁRBOL, ALIMENTOS-ANÁLISIS.

SUMMARY

The purpose of this research was to evaluate the changes in the physicochemical properties of tree tomato juice, which was prepared after exposing the fruit to different cooking times. We worked with two varieties of tree tomato: creole punton tomato and red tomato.

To the juices were analyzed the following properties: pH, titratable acidity, ° Brix, viscosity, surface tension, antioxidant capacity and color.

The pH, viscosity and surface tension of the juices increased with increasing cooking times of fruit and acidity and ° Brix decreased. The antioxidant capacity initially increased and then decreased.

The color of the creole punton tomato juice was taking lighter yellow hues as the cooking time of the fruits increased. Instead, the color of red tree tomato juice was initially taking more reddish hues and then since 15 minutes of cooking was taking brown hues.

Then hedonic or preference sensorial tests were carried. The tree tomato juice elaborated with creole punton fruit cooked for 10 minutes had the highest level of acceptance.

Finally, nutritional analysis was performed to the juice of the highest acceptance and to the juice of the same variety but without cooking the fruit. The concentration of proteins, carbohydrates, lipids, fiber and ash was lower in the juice elaborated with the cooked fruit.

KEY WORDS

TREE TOMATO, FRUIT JUICES, SOLANUM BETACEUM CAV, INEN STANDARD 1909:2009, TROPICAL FRUITS, FOOD-COMPOSITION-TREE TOMATO, FOOD-ANALYSIS.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Las frutas como alimentos perecederos han sido objeto de diversas investigaciones, que tienen como fin conservar y prolongar en ellas su calidad por tiempos prudenciales que aseguren su comercialización.

Los alimentos al ser sometidos a un proceso de cocción, sufren algunos cambios en su estructura, además de modificaciones en la calidad y cantidad de sus nutrientes.

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*), es una fruta tropical exótica originaria de los andes sudamericanos. A pesar que sus propiedades organolépticas y nutritivas son muy apreciadas, el consumo del fruto es mayoritariamente local y su industrialización ha sido mínima.

El cultivo del tomate de árbol es antiguo en el Ecuador en varias zonas de la provincia de Tungurahua, pero también se lo cultiva prácticamente en toda la serranía ecuatoriana. La temperatura estable a lo largo del año y los prolongados periodos de luminosidad de la zona ecuatorial, determinan que la fruta del Ecuador tenga un mejor desarrollo de sus almidones, lo que resulta en un sabor menos ácido y muy agradable. La variedad más difundida es la tradicional anaranjada o criolla, pero también se cultiva el tomate rojo o mora, de color morado y pulpa más rojiza, pero de características organolépticas inferiores. (Solagro, 2006)

Una de las etapas de la elaboración de jugos de frutas es la cocción por unos minutos del fruto, que sirve para ablandar la fruta y aumentar el rendimiento de pulpa; también se realiza para desactivar ciertas enzimas que producen cambios indeseables en la fruta. (Universidad Nacional de Colombia, 2006)

No se encuentran estudios acerca de los cambios producidos en las propiedades de un jugo de tomate de árbol, preparado después de exponer el fruto a un proceso de cocción.

1.2 Formulación del Problema

¿Es posible evaluar cambios en las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) preparado a diferentes tiempos de cocción del fruto.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar las propiedades físicas del fruto de tomate de árbol utilizado para la investigación tales como: tamaño, contenido de pulpa, grado de madurez e índice de madurez.
- Preparar jugos con los frutos de tomate de árbol sin cocción y evaluar sus propiedades fisicoquímicas tales como: pH, acidez titulable, ° Brix, viscosidad, tensión superficial, capacidad antioxidante y color.
- Exponer el fruto del tomate de árbol a diferentes tiempos de cocción.
- Preparar jugos con los frutos de tomate de árbol cocidos y evaluar sus propiedades fisicoquímicas tales como: pH, acidez titulable, ° Brix, viscosidad, tensión superficial, capacidad antioxidante y color.
- Evaluar las propiedades organolépticas de los jugos de tomate de árbol preparados a diferentes tiempos de cocción del fruto.
- Realizar un análisis nutricional del jugo de mayor aceptación.

1.4 Importancia y Justificación de la Investigación

El alto consumo de tomate de árbol en el Ecuador por sus excelentes cualidades sensoriales y por su alta actividad antioxidante natural con relación a otras frutas, hace importante la realización de estudios acerca del tomate de árbol para una posible aplicación de éstos en la industria alimenticia.

En el Ecuador es una práctica común la cocción del fruto antes de la preparación de un jugo de tomate de árbol. Por lo anterior es importante realizar un estudio exponiendo al tomate de árbol a un proceso de cocción para observar que cambios se producen en los jugos obtenidos.

El tomate de árbol es apto para la preparación de jugos, mermeladas, jaleas y compotas a los que no es necesario agregar espesantes debido al alto contenido de pectinas que éste tiene.

Al determinar las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol se puede determinar el tiempo óptimo de cocción del fruto, para obtener un jugo cuyas propiedades sean atractivas a los consumidores y que no haya sufrido una pérdida excesiva de sus nutrientes.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En el Ecuador se cultivan 14748 hectáreas de tomate de árbol, la provincia que más produce es Tungurahua con 8300 hectáreas. Las exportaciones de esta fruta se iniciaron en el Ecuador a fines de la década de los años 80, sin embargo uno de los problemas de exportación es la calidad de la fruta por los malos sistemas de producción que se manejan en el Ecuador, por ejemplo: distancias erradas de siembra que dificultan los controles fitosanitarios y no permiten la producción de un color uniforme y de calidad de exportación. (Ramírez, 2009)

Según un estudio de la Universidad Técnica Particular de Loja, acerca del comportamiento de las características físicas y químicas del tomate de árbol anaranjado o criollo puntón durante su almacenamiento por 27 días, se observó que el pH, los grados Brix, el ácido ascórbico y los fenoles totales presentaron diferencia estadística significativa con tendencia a aumentar; mientras que la acidez titulable y la humedad presentaron diferencia estadística pero con tendencia a la disminución. La capacidad antioxidante no presentó diferencia estadística significativa pero se evidenció una tendencia a aumentar. (Ramírez N. , 2011)

Por su buen sabor el tomate de árbol es apto para la preparación de jugos y mermeladas, brindando un gran potencial de comercialización y producción de baja inversión en insumos agrícolas. El consumo de la fruta ofrece algunos beneficios, por ejemplo fortalece el cerebro y la memoria contribuyendo a curar migrañas severas, controla la rinitis y beneficia el sistema circulatorio. Como bebida se prepara en jugos utilizándose sus propiedades para programas de reducción de peso. El jugo también es bueno para bajar el nivel del colesterol en la sangre. (Cantv, 2008)

2.2 Fundamento Teórico

2.2.1 Tomate de árbol

2.2.1.1 Clasificación Botánica

El tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) es la más conocida de 30 especies de Solanáceas. Entre sus varios nombres regionales tenemos: tomate extranjero, tomate granadilla, tomate de monte, sima (Bolivia), pepino de árbol (Colombia), tomate de árbol (Ecuador), tomate cimarrón (Costa Rica) y tomate francés (Venezuela y Brasil). En 1970 se le dio el nombre “tamarillo” que fue adoptado en Nueva Zelanda y que se ha convertido en el nombre comercial estándar para la fruta.

Tabla 2.1 Clasificación botánica del tomate de árbol

| Taxón | Nombre |
|--------------|----------------------|
| Reino | Vegetal |
| División | Fanerógamas |
| Subdivisión | Angiospermas |
| Clase | Dicotiledóneas |
| Subclase | Metaclamideas |
| Orden | Tubiflorales |
| Familia | Solanaceae |
| Género | Solanum |
| Especie | Solanum betaceum Cav |

Nota: Adaptado de (Bohs, 1995)

2.2.1.2 Origen y distribución

Aunque su lugar de origen no es seguro, generalmente se cree que el tomate de árbol es nativo de los Andes de Perú y probablemente también de Chile, Ecuador y Bolivia, en donde crece en grandes cantidades.

El tomate de árbol fue introducido en Nueva Zelanda alrededor de 1890 y el cultivo comercial a pequeña escala comenzó cerca de 1920. La escasez de frutas tropicales en la Segunda Guerra Mundial justificó un nivel creciente de producción.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos recibió semillas de tomate de árbol de Argentina en 1913 y cerca de 1915 se estaba cultivando la fruta en la Estación de Introducción de Plantas ubicada en Chico, California. Actualmente se sigue cultivando la fruta a pequeña escala en California y Florida. (Morton, 1987)

2.2.1.3 Descripción

El tomate de árbol es un arbusto de 2 - 3 metros de altura (raramente llega hasta 5m), de tronco corto, hojas agrupadas en las extremidades de las ramas y que produce flores en racimos. (Geilfus, 1994)

Sus frutos son alargados en forma ovalada de 4 - 10 cm de largo por 3-5 cm de ancho. La cáscara es lisa de color variable desde rojo, anaranjado o morado hasta amarillo. Mientras que la piel es algo resistente y desagradable en sabor, la capa externa de la pulpa es levemente firme, succulenta y suave, y la pulpa que rodea las semillas en los dos compartimientos longitudinales es suave, jugosa y agri dulce. La pulpa tiene un color anaranjado a rojo y con pequeñas semillas concentradas en la parte central. Las semillas son finas, casi planas y circulares.



Figura 2.1Tomate de árbol En: (CustomLogistic, 2007)

2.2.1.4 Composición nutricional del tomate de árbol

De acuerdo a unos estudios realizados en el Ecuador y Guatemala la composición nutricional del tomate de árbol por cada 100 g de porción comestible es la siguiente:

Tabla 2.2 Valor nutritivo del tomate de árbol por cada 100 g de porción comestible

| Parámetro | Valor |
|---------------------------|-----------------|
| Humedad | 82.7 - 87.8 g |
| Proteína | 1.5 g |
| Carbohidratos | 10.3 g |
| Grasa (Extracto de éter) | 0.06 - 1.28 g |
| Fibra | 1.4 - 4.2 g |
| Nitrógeno | 0.223 - 0.445 g |
| Ceniza | 0.61 - 0.84 g |
| Calcio | 3.9 - 11.3 mg |
| Fósforo (con semillas) | 52.5 - 65.5 mg |
| Fósforo (sin semillas) | 13.1 mg |
| Hierro | 0.66-0.94 mg |
| Caroteno | 0.371-0.653 mg |
| Tiamina | 0.038-0.137 mg |
| Riboflavina | 0.035-0.048 mg |
| Ácido ascórbico | 23.3-33.9 mg |

Nota: Adaptado de (Morton, 1987)

2.2.1.5 Variedades de tomates de árbol en el Ecuador

En el Ecuador posiblemente existen cinco variedades cultivadas nativas. Desgraciadamente la mayoría de estas no se conservan en estado de pureza debido a que los agricultores siembran sus huertos mezclando dos o más variedades. (Albornoz, 1992)

En el Ecuador la variedad más difundida es la tradicional anaranjada, y en los últimos años se ha incrementado el tomate mora, de color morado y pulpa más rojiza, pero de palatabilidad inferior.

En el país se siembran las siguientes posibles variedades:

1. Amarilla. De forma alargada ovalada, corteza amarilla intensa y color de la pulpa amarilla.
2. Negra o tomate de altura. De tamaño grande, color púrpura oscura, y de mejor calidad
3. Criollo puntón o anaranjado puntón. De forma alargada, corteza morada y anaranjada y pulpa anaranjada.
4. Criollo redondo. Color anaranjado rojizo, fruto más grande y pulpa amarilla.
5. Rojo o mora. De forma oblonga y de color morado, tiene la pulpa de color anaranjado y el recubrimiento de las pepas de color morado

A cada una de estas variedades se subordinan una gran cantidad de formas híbridas o ecotipos, que determinan que en el país no se encuentren variedades puras sobre todo para el mercado internacional

Las variedades cultivadas nativas del país, debieron haber sido sometidas a selección y domesticación por los primeros pobladores de lo que hoy es el Ecuador a partir de las especies silvestres que aún se conservan entre la vegetación montañosa subtropical y de altura desde la Provincia del Carchi hasta Loja en la Sierra y en algunas provincias del Oriente Ecuatoriano.

Es de suponer que el primer fruto domesticado por los antiguos ecuatorianos debió ser parecido al de la actual variedad “amarilla”, esta podría ser la más ancestral por la gran semejanza de su fruto con el de las silvestres actuales.

Algo similar se puede decir de otra variedad comúnmente conocida como “negra o tomate de altura” que se encuentra en el norte de la Sierra y Loja; el fruto tiene una coloración púrpura oscura, por eso lo llaman también tomate negro; la epidermis es de consistencia dura al tacto cuando ha completado su madurez fisiológica.

Una tercera variedad habría sido sometida a domesticación y selección por las buenas características de forma, color, sabor de pulpa y mucílago envolvente de las semillas; el fruto de esta variedad debía ser preferida al “amarillo” y al “negro” y sembrada más frecuentemente

dándole el nombre de “tomate de árbol” por la similitud del color y forma del fruto con otra planta solanácea originaria del Ecuador y de América, perteneciente a la misma familia “solanáceas”, pero al género *Lycopersicon* (tomate riñón), cuyos frutos son redondos, alargados o en forma de pera y tienen un color verdoso cuando están inmaduros y son amarillos o rojos cuando están maduros.

A esta tercera variedad de *Solanum betaceum* la debieron llamar tomate por el color de su fruto y para no confundirla con *Lycopersicon esculentum* la llamaron tomate de árbol. Esta tercera variedad, probablemente por efecto mutacional debió separarse en dos subvariedades en atención a caracteres morfológicos, pero tomando en consideración la forma del fruto que se mantiene en las generaciones descendientes y aún en diferentes localidades; estas dos subvariedades serían tomate de árbol criollo puntón y tomate de árbol criollo redondo.

Estas dos variedades sometidas a cultivo habrían originado mezclas genéticas con diferentes caracteres de la planta, fruto y calidad, que son reconocidos por los agricultores y agrónomos del país hasta el día de hoy, en que se ha popularizado el cultivo y se ha intensificado la variación.

La quinta variedad ecuatoriana llamada en la provincia de Tungurahua “roja” o “mora”, debe ser de origen posterior a las cuatro anteriores, surgida quizás por cruzamiento natural y posterior selección artificial, o por polinización dirigida y selección por peso, tamaño y calidad del fruto de parte de fruticultores o agrónomos aficionados a la mejora de variedades de plantas. En la cruce no cabe duda que actuó la variedad “negra” como suministradora de óvulos (oosfera) o polen y una de las otras tres, no se ha comprobado experimentalmente cuál, pero posiblemente la de tomate de árbol criollo redondo.

Se asegura la participación de la variedad “negra” ya que sus frutos presentan en el mucílago que se adhiere a las semillas una buena cantidad de antocianinas que también se encuentran en el supuesto híbrido “rojo o mora”; la otra variedad parental (posiblemente tomate de árbol criollo redondo) no tiene antocianinas.

En cambio el mucílago que contiene a las semillas así como el mucílago adherido a ellas en las cuatro ancestrales, en todos los casos es incoloro. Esta situación hace suponer que la presencia de antocianinas la suministra la variedad negra quizás con algún grado de dominancia. (Albornoz, 1992)

Según un estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, Ecuador), la caracterización física, química y nutricional del tomate de árbol para las variedades anaranjada o criolla y roja o mora dio como resultado los siguientes valores:

Tabla 2.3 Características físicas, químicas y nutricionales del tomate de árbol criollo puntón y tomate rojo

| Característica | Tomate criollo puntón | Tomate rojo |
|--|-----------------------|-------------|
| Humedad (porcentaje) | 87,16 | 89,21 |
| Cenizas (porcentaje) | 0,81 | 0,80 |
| pH | 3,76 | 3,45 |
| Acidez titulable (g ácido cítrico/100 g pulpa) | 1,87 | 1,91 |
| Sólidos solubles (°Brix) | 12,70 | 10,70 |
| Polifenoles totales (mg/g pulpa) | 0,84 | 0,83 |
| Carotenoides totales (ug/g pulpa) | 232 | 241 |
| Azúcares totales (porcentaje): | 8,58 | 4,49 |
| Fructosa (porcentaje): 1,64 y 1,34 | 1,64 | 1,34 |
| Glucosa (porcentaje): 1,38 y 1,17 | 1,38 | 1,17 |
| Sacarosa (porcentaje): 2,21 y 1,86 | 2,21 | 1,86 |
| Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g pulpa) | 33 | 28 |

Nota: Adaptado de (Brito, 2008)

2.2.2 Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos son los procedimientos que tienen entre sus fines la destrucción de los microorganismos por el calor. Entre estos se tiene la pasteurización y la esterilización cuya finalidad principal es precisamente esta destrucción microbiana. Además se tiene el escaldado y la cocción, procesos en los que también se consigue una cierta reducción de la flora microbiana presente, pero que tienen otros objetivos principales. Esto es así, porque un tratamiento térmico, junto a su capacidad de destrucción microbiana, tiene también una acción sobre los demás componentes del alimento: enzimas, proteínas, vitaminas, etc. que llega a afectar a sus propiedades físicas: color, forma y consistencia. (Casp, 2003)

Dada la complejidad de la acción de los tratamientos térmicos sobre los alimentos, es necesaria su optimización de forma que se obtengan en cada caso los resultados buscados. Aunque el principal objetivo sea la destrucción de los microorganismos, no hay que olvidar que a la vez ocurrirán otros procesos, unos deseables (destrucción enzimática, ablandamiento de los tejidos, mejora de la digestibilidad, etc.), que pese a ello se deberán controlar para que no se produzcan efectos excesivos, y otros menos deseables, pero inevitables en algún grado (destrucción de nutrientes, pérdida de cualidades organolépticas: color, aroma, etc.). Un tratamiento térmico debe ajustarse de forma que se consigan los resultados deseables y se minimicen los indeseables.

2.2.2.1 Acción del calor sobre los constituyentes de los alimentos

Los tratamientos térmicos provocan algunos cambios en los constituyentes de los alimentos. Por ejemplo en las grasas provocan su fusión, además el aumento de temperatura favorece su oxidación lo que produce la aparición de peróxidos que por escisión producen compuestos que son responsables del cambio en el aroma y sabor del alimento.

En los glúcidos por ejemplo cuando el almidón se encuentra en medio acuoso, los tratamientos térmicos provocan que éste se transforme en engrudo, que es una red de polímeros lineales que se enriquece en agua y que puede impregnar las estructuras vecinas. El almidón se utiliza por sus efectos de hinchado y como ligante por ejemplo en las salsas. La gelificación comienza de 52 a 75°C, en función del origen del glúcido (Casp, 2003).

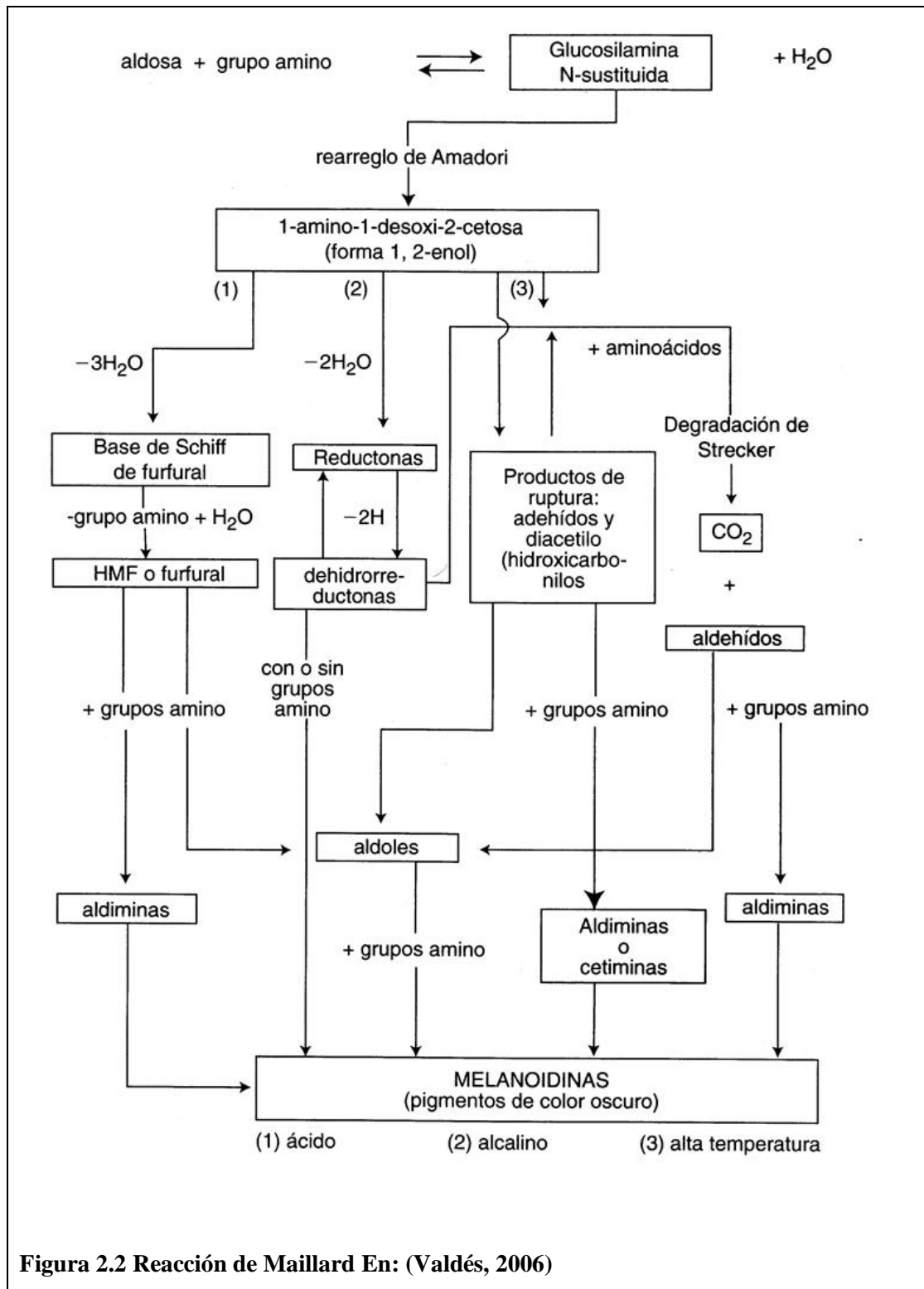
La descomposición térmica de los azúcares (caramelización) no se produce más que a temperaturas muy altas, del orden de 150 a 164°C y tiene un interés muy limitado.

Durante los tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan una coloración que en ciertos casos mejora sus propiedades sensoriales, mientras que en otros los deteriora; la complejidad química de los alimentos hace que se propicien diversas transformaciones responsables de estos cambios. En algunas situaciones los pigmentos naturales se pierden, y en otras la oxidación de las grasas y la interacción de taninos con el hierro generan compuestos coloreados que no están presentes en el producto original.

Los tratamientos térmicos pueden también provocar y acelerar las reacciones de Maillard, en la que se produce la aparición de diversas sustancias aromáticas como las melanoidinas o moléculas melanoides. Las melanoidinas son estructuras poliméricas heterogéneas de elevado peso molecular que en su estructura, a diferencia de los polisacáridos, están también constituidas por nitrógeno y tienen un color pardo característico. Las melanoidinas se forman en las etapas finales de la denominada reacción de Maillard (reacción amino-carbonilo entre aminoácidos o proteínas y azúcares reductores) que tiene lugar al someter a algunos alimentos a altas temperaturas.

Las melanoidinas presentan diversas propiedades que inciden en las características organolépticas, funcionales, tecnológicas y nutricionales de los alimentos. Se han evidenciado actividades antioxidantes y antimicrobianas. Las melanoidinas también afectan el sabor, aroma y el valor nutritivo de los productos involucrados.

La cocción además provoca la eliminación de los gases respiratorios producto del metabolismo celular (anhídrido carbónico, anhídrido sulfuroso), que se encuentran ocluidos dentro de los tejidos de los alimentos con lo que se eliminan los espacios intercelulares y se logra incrementar la densidad del producto. (Sánchez, 2003)

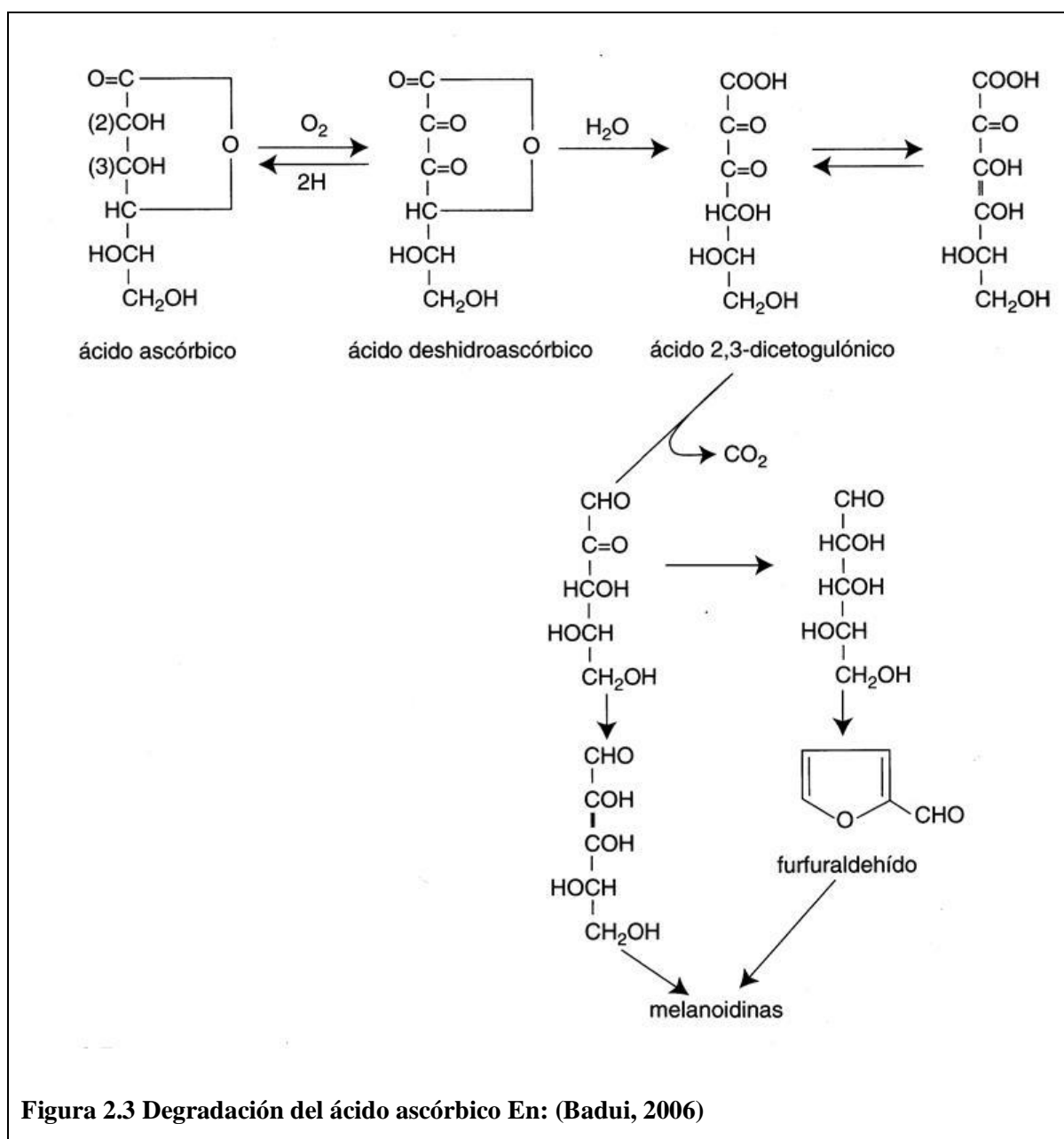


Las vitaminas son poco sensibles a las temperaturas de cocción, salvo la vitamina B1. Pero por el contrario, el calor puede acelerar los procesos de oxidación cuando los alimentos se cuecen sin protección. Este es el caso de las vitaminas A, E, B2 y C. Aunque las pérdidas que se derivan no son tan importantes para que puedan producir carencias entre los consumidores.

De todas las vitaminas, la C es la más inestable y lábil por lo que algunos investigadores han propuesto usar su contenido residual en los alimentos como un índice de retención de nutrientes. Se considera que si resiste el procesamiento, el almacenamiento, etc., quiere decir que todos los demás nutrientes se verán poco afectados.

En la figura 2.3 se observa el proceso de degradación del ácido ascórbico que da como resultado la formación de melanoidinas que poseen propiedades antioxidantes.

Al efecto del calor sobre los microorganismos del alimento se le denomina destrucción térmica, porque éste es el único efecto buscado; mientras que al efecto sobre el resto de sus componentes se le denomina cocción.



2.2.2.2 Cocción

El termino cocción sugiere la imagen del alimento tratado por calor, en el hogar o en una instalación industrial, para producirle una serie de cambios en su textura, color, composición (sabor, valor nutricional, digestibilidad) que mejoren su aceptación por el consumidor.

Este tratamiento térmico produce también una reducción de la carga microbiana del alimento y de su actividad enzimática, que lleva al incremento de la vida útil del producto obtenido, aunque éste no sea el objetivo primordial buscado con el tratamiento.

El hecho de que las reacciones de modificación de los factores de calidad de los alimentos sean mucho menos termodependientes que las de inactivación de los microorganismos, lleva a que los procesos de cocción se realicen a temperaturas moderadas y durante tiempos relativamente largos, ya que los procesos a altas temperaturas y tiempos cortos tienen un efecto muy limitado sobre los atributos que se pretenden modificar con el tratamiento.

La textura, el sabor y la apariencia son posiblemente las características más importantes de los alimentos, porque son los atributos que el consumidor puede verdaderamente apreciar. Sin embargo, la tendencia actual es que el consumidor se interese cada vez más por otros atributos menos evidentes como el valor nutricional y la calidad microbiológica.

El color y el sabor son atributos cuya dependencia de la temperatura es similar a la de las vitaminas, ya que los mecanismos químicos puestos en juego en su degradación son similares, por lo que los tratamientos que preserven aquellos deben ser respetuosos con éstas.

En cuanto a la textura, el proceso es más complejo. La evolución de la textura durante un tratamiento térmico dependerá en primer lugar de que el medio en que se produzca la cocción sea o no húmedo.

En los tejidos vegetales, la hidrólisis de los constituyentes de las paredes celulares y el hinchamiento debido a la expansión de los gases y a los cambios en la capacidad de retención de agua (gelatinización de los almidones) afectan también a la textura.

La cocción permite la modificación de los componentes físicos y bioquímicos del alimento, ya sea a través del ablandamiento de la celulosa y el colágeno, la coagulación de proteínas, la gelatinización de los almidones o la disolución de minerales y azúcares. El calor también permite la destrucción de los agentes causales de enfermedades que aparecen en los alimentos crudos (Casp, 2003)

2.2.3 Jugos

2.2.3.1 Jugo (zumo) de fruta

Es el producto líquido sin fermentar pero susceptible de fermentación, obtenido por procedimientos tecnológicos adecuados, conforme a prácticas correctas de fabricación; procedente de la parte comestible de la fruta en buen estado, debidamente maduras y frescas o, a partir de frutas conservadas por medio físicos.

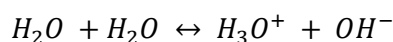
2.2.3.2 Jugo (zumo) concentrado de fruta- INEN 2337:2008

Es el producto obtenido a partir de jugo de fruta, al que se le ha eliminado físicamente una parte del agua en una cantidad suficiente para elevar los sólidos solubles (°Brix) en, al menos, un 50% más que el valor Brix establecido para el jugo de la fruta.

2.2.4 Propiedades fisicoquímicas

2.2.4.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Según la teoría de Brønsted-Lowry de ácidos y bases, un ácido es un donador de protón y una base un receptor de protón. En una disolución acuosa el propio disolvente es un ácido y una base, sufriendo una autoionización o autoprotólisis de la siguiente forma:



El agua es, por tanto, un disolvente anfiprótico. El ion hidronio, H_3O^+ , es la representación más sencilla de un protón hidratado, aunque las especies realmente presentes en la disolución pueden contener más de una molécula de agua asociada al protón. El ion hidronio se lo suele representar por el ion hidrógeno $[H^+]$.

Como consecuencia de su escasa ionización, el agua presenta una conductancia pequeña, aunque medible; también presenta ciertas propiedades características de sus iones, pero solo en limitada extensión, a causa de su baja concentración iónica. La constante de equilibrio (o de ionización) del agua tiene un valor a 25°C de:

$$K_{ion} = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 1,82 \times 10^{-16}$$

En agua y en disoluciones acuosas diluidas, la concentración de agua en moles por litro ($[H_2O]$) es constante y tiene un valor a 25°C de 55,3. Combinando esta constante con la de ionización del agua, se obtiene:

$$K_{H_2O} = [H^+] [OH^-] = 55,3(1,82 \times 10^{-16}) = 1,0 \times 10^{-14}$$

K_{H_2O} recibe el nombre de producto iónico del agua. Esta relación indica, que en agua pura, a 25°C, $[H^+] = [OH^-] = 1,0 \times 10^{-7}$ y que en soluciones acuosas la concentración de ion hidronio es inversamente proporcional a la de ion hidroxilo. La constante del producto iónico del agua permite calcular rápidamente las concentraciones de los iones hidronio e hidroxilo de las soluciones acuosas. (Skoog, 1997)

Una disolución es ácida en aquella en que la concentración de ion hidronio es mayor que la de ion hidroxilo, y una disolución es alcalina cuando la concentración de ion hidroxilo es mayor.

Los pequeños números que representan las bajas concentraciones que existen de iones hidronio e hidroxilo en el agua, son poco cómodos de escribir y de expresar. En 1909, el químico danés Sorensen, introdujo el término pH definido en relación a la concentración de ion hidronio, cuya expresión simplifica notablemente el uso de números tan pequeños. El pH se define como sigue:

$$pH = \log \left(\frac{1}{[H_3O^+]} \right) = -\log [H_3O^+]$$

Aunque el pH generalmente está en el intervalo de 0 a 14, no hay límites de pH. Por ejemplo un pH de -1,00 significa que la concentración de $[H_3O^+]$ en un ácido concentrado es 10M. (Harris, 2007)

El pH de un alimento se mide con un indicador de color o un potenciómetro. La medición de alimentos líquidos usando un electrodo de vidrio se realiza en forma directa. Los alimentos húmedos y semihúmedos se examinan después de hacer una mezcla con agua. Esto es posible debido a que los alimentos en general contienen suficientes sales amortiguadoras que permiten hacer una dilución sin afectar el pH; sin embargo, el contenido relativamente alto de electrolitos en la fase acuosa de los alimentos no está presente en las soluciones amortiguadoras usadas para la calibración del medidor de pH; por lo tanto, en ciertos casos el pH medido no corresponde con precisión al valor teórico. (Kirk, 2005)

2.2.4.2 Acidez titulable

La acidez titulable es una medida que indica la acidez dada por los iones hidronio ($[H_3O^+]$) que se encuentran libres en una sustancia, más la acidez dada por todos los componentes que por medio de una titulación liberan protones al medio.

Los ácidos grasos presentes en los alimentos que influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos, son ácidos débiles y por tanto no liberan tantos protones como los ácidos fuertes. La acidez titulable se determina mediante una valoración con un reactivo básico. El resultado se

expresa como el porcentaje del ácido predominante en la sustancia, por ejemplo en jugos de frutas se expresa en porcentaje de ácido cítrico.

El valor de la titulación no indica si los ácidos presentes son fuertes o débiles; sin embargo, si se efectúa una titulación potenciométrica, la gráfica de la curva de titulación da mucha información sobre la fuerza relativa de los ácidos presentes.

Por otra parte, los protones que se encuentran libres se pueden medir fácilmente con un potenciómetro, en consecuencia la acidez titulable no está directamente relacionada con el pH, excepto en el sentido general de que cuanto más alta es la acidez titulable más bajo es el pH. En este sentido es imposible saber el pH específico de un alimento que tenga un valor de acidez titulable determinado. La variedad de ácidos y los sistemas tamponados son muy complejos para permitir una simple relación entre pH y acidez titulable. (Sierra, 2007)

Durante el almacenamiento y el deterioro de los alimentos, ocurren cambios por acción enzimática y desarrollo de bacterias. Estos cambios dependen de manera importante de la concentración de ion hidrógeno, más que de la acidez titulable presente. La estabilidad de las proteínas también depende de la actividad del ion hidrogeno; de aquí que la medición del pH será importante para conocer la eficacia de los conservadores y vigilar las operaciones de fabricación del alimento. (Kirk, 2005)

2.2.4.3 Sólidos solubles (° Brix)

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta. (Universidad Nacional de Colombia, 2006)

Originariamente, los grados Brix son una medida de densidad. Un grado Brix es la densidad que tiene a 20 °C una solución de sacarosa al 1% (p/v) y a esta concentración corresponde también un determinado índice de refracción. Una escala refractométrica en grados Brix corresponde a los índices de refracción de soluciones de 1, 2, 3, etc. gramos de sacarosa por 100 mL de solución.

Así pues, se dice que un jugo o néctar tiene una concentración de sólidos disueltos de un grado Brix, cuando su índice de refracción es igual al de una solución de sacarosa al 1%(p/v). Los refractómetros comerciales, para este objeto, están graduados en una escala de Brix, aunque suelen también llevar otra escala en índices de refracción.

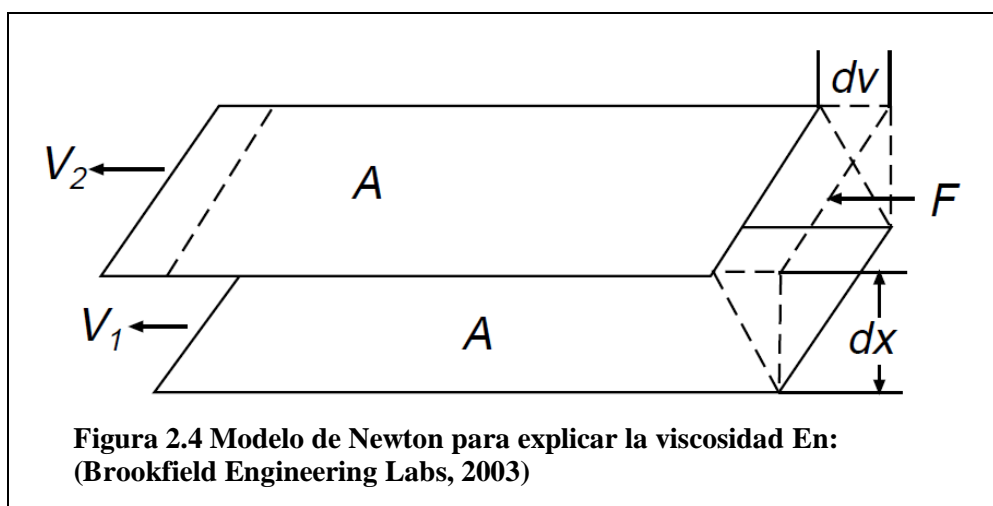
Como los sólidos disueltos no son sólo sacarosa, sino que hay otros azúcares, ácidos y sales, un grado Brix no equivale a una concentración de sólidos disueltos de 1g/100ml. Los grados Brix son, por tanto, un índice comercial aproximado, de esta concentración que se acepta convencionalmente, como si todos los sólidos disueltos fueran sacarosa. (Primo Yúfera, 1998)

2.2.4.4 Viscosidad

La viscosidad es la medida de la fricción interna de un fluido. Esta fricción se hace evidente cuando una capa de un fluido se mueve en relación a otra capa.

Cuanto mayor sea la fricción, cuanto mayor será la fuerza requerida para causar este movimiento. Esta fuerza se requiere siempre que el líquido se mueva o se distribuya físicamente, como al mezclarlo o al expandirlo. Los líquidos altamente viscosos, por lo tanto, requieren más fuerza para poder moverlos que los materiales menos viscosos. (Brookfield Engineering Labs Inc, 2003)

Isaac Newton definió la viscosidad considerando el modelo representado en la figura 2.4, en donde dos áreas planas y paralelas del líquido de los mismos tamaños “A” son separadas por una distancia “dx” y se están moviendo en la misma dirección a diversas velocidades “V1” y “V2.”



Newton asumió que la fuerza requerida para mantener esta diferencia en velocidad era proporcional a la diferencia en velocidad con el líquido, o el gradiente de la velocidad. Para expresar esto, Newton escribió:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx}$$

Donde η es una constante para un material dado y es llamada viscosidad.

La unidad fundamental de la viscosidad es el “poise”. Un material que requiere un esfuerzo cortante de una dina por centímetro cuadrado para producir una velocidad de corte de un segundo recíproco tiene una viscosidad de un poise. (Brookfield Engineering Labs, 2003)

En la industria de alimentos a partir de la viscosidad, el productor puede reconocer el comportamiento del producto, lo cual es importante para el control de procesos y decisivo para la calidad del producto.

2.2.4.5 Tensión superficial (γ)

La tensión superficial se define como la cantidad de trabajo necesario para incrementar en una unidad la superficie del fluido considerado. La tensión superficial surge de las interacciones intermoleculares que tienden a retener a una molécula en el interior de un líquido. La tensión superficial es la fuerza con la que son atraídas las moléculas de la superficie de un líquido para llevarlas al interior y así disminuir su área superficial. (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008)

En la industria alimenticia una alta tensión superficial tiene como consecuencia una dificultad para formar gotas pequeñas, y si se forman para que estas permanezcan estables. Así mismo un fluido con una alta tensión superficial difícilmente “moja” las superficies, lo que tiene muchas implicaciones respecto de sus propiedades organolépticas y tecnológicas.

La tensión superficial puede medirse con algunos aparatos especiales. Sin embargo en muchos alimentos esto es muy difícil o imposible por su dificultad para fluir.

Uno de los métodos más sencillos es el método del anillo de duNouy, que consiste en utilizar un anillo de platino que se coloca encima del líquido y se mide la fuerza que se requiere para separar el anillo de la superficie con una balanza de alta precisión.

Otro método es el de la placa de Wilhelmy que es similar al del anillo. Se cuelga una lámina muy delgada, como un cubreobjetos de microscopio o una hoja de mica, de uno de los brazos de una balanza y se le deja sumergir en una solución. Si p es el perímetro de la placa, la fuerza hacia abajo sobre la placa debido a la tensión superficial es γp . Si F y F_0 son las fuerzas que actúan hacia abajo cuando la placa toca la superficie y cuando está libremente suspendida en el aire respectivamente, entonces:

$$F - F_0 = \gamma p$$

Donde γ representa la tensión superficial. La ecuación anterior supone que la profundidad de inmersión es despreciable. Si esta profundidad no es despreciable debe restarse al lado derecho de la ecuación anterior. Este método es particularmente conveniente para medir diferencias de tensión superficial por ejemplo en mediciones en la cubeta de Langmuir, ya que la profundidad de inmersión es constante. (Castellan, 1998)

2.2.4.6 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante es la consecuencia de la acción conjunta de los distintos antioxidantes contenidos en los alimentos de origen vegetal, tales como los compuestos polifenólicos, carotenoides, vitaminas y otros microconstituyentes de los alimentos.

2.2.4.6.1 Metabolismo y radicales libres

El metabolismo es el proceso por el cual se degradan y crean moléculas. Durante el metabolismo, los átomos pueden perder electrones; esta pérdida de electrones se denomina oxidación porque está estimulada por el oxígeno. Del mismo modo, los átomos pueden ganar electrones durante el metabolismo; este proceso se denomina reducción.

Esta pérdida y ganancia de electrones suele producir un intercambio constante de electrones, por lo que los científicos la denominan reacción de intercambio.

En la mayoría de las reacciones de intercambio, dos átomos con electrones desapareados se emparejan de inmediato, de modo que forman nuevas moléculas estabilizadas; no obstante, en raras ocasiones, los átomos con electrones desapareados en su capa más externa permanecen así. Tales átomos son muy inestables y se denominan radicales libres. Cuando una molécula de oxígeno se convierte en un radical libre, se denomina especie reactiva de oxígeno.

El cuerpo utiliza el oxígeno y el hidrógeno para generar energía (ATP). Constantemente inhalamos el oxígeno necesario para estimular esta reacción. En las células generamos el hidrógeno necesario como resultado de la digestión y absorción de los alimentos. A veces, el proceso metabólico produce la liberación de electrones individuales, que en ocasiones acepta el oxígeno. Cuando esto sucede, el nuevo átomo de oxígeno inestable se convierte en un radical libre debido al electrón desapareado añadido. Este tipo de producción de radicales libres es común durante el metabolismo.

Los radicales libres también se forman a partir de otros procesos metabólicos, como cuando nuestro sistema inmunológico lucha contra las infecciones. Otros factores que provocan la formación de radicales libres incluyen la exposición a la contaminación, a la luz solar excesiva, a las sustancias tóxicas, a la radiación y al humo del tabaco. La exposición continua a estos factores provoca la formación incontrolable de radicales libres y aumenta el riesgo de enfermedades crónicas en el individuo. (Thompson, 2008)

Los daños que causan los radicales libres son los siguientes:

- Fusionan las proteínas, evitando que éstas se descompongan para formar nuevas estructuras.

- Alteran el ADN de las células, confundiendo la información genética de éstas y propiciando con ello la formación de tumores.
- Destruyen los lisosomas de las células, evitando con ello que éstas se alimenten adecuadamente.
- Alteran la grasa de los tejidos y la arrancian, evitando con ello que el organismo la utilice o deseché de manera natural produciendo con ello la celulitis. (López, 2008)

2.2.4.6.2 Antioxidantes

Los antioxidantes son elementos indispensables para el organismo, cuya función principal es atrapar a los radicales libres que flotan en un ambiente contaminado y los que se encuentran en el interior del organismo. Con respecto a estos últimos, debe aclararse que son parte del mecanismo natural de defensa de éste; no obstante, el daño que ocurre en las células sanas, que pueden volverse cancerosas, puede ser muy importante.

Por ello resulta indispensable consumir cantidades suficientes de antioxidantes, los cuales se encuentran principalmente en las vitaminas A, C y E, contenidas de manera natural en diversas frutas y verduras de colores amarillo, anaranjado y verde. También se deben consumir alimentos que contengan selenio como vísceras, huevos y mariscos, ya que este es un oligoelemento que trabaja conjuntamente con la vitamina E para destruir los radicales libres. (López, 2008)

Las vitaminas, minerales y otros compuestos antioxidantes luchan contra los radicales libres y reparan los daños que estos provocan de varias formas:

1. Determinadas vitaminas antioxidantes funcionan de forma independiente donando sus electrones o moléculas de hidrógeno a los radicales libres para estabilizarlos y reducir los daños producidos por la oxidación.
2. Los minerales antioxidantes funcionan en sistemas de enzimas antioxidantes complejos que convierten los radicales libres en sustancias menos dañinas que excreta el cuerpo. Estas enzimas también degradan los ácidos grasos que se han oxidado. Al hacer esto, destruyen los radicales libres asociados a ellas. El sistema de enzimas antioxidantes promueve que haya más antioxidantes vitamínicos disponibles para luchar contra otros radicales libres. Algunos ejemplos de sistemas de enzimas antioxidantes son la superóxido dismutasa, la catalasa y la glutatión peroxidasa.
 - La superóxido dismutasa convierte los radicales libres en sustancias menos dañinas como el peróxido de hidrógeno.
 - La catalasa elimina el peróxido de hidrógeno del cuerpo convirtiéndolo en agua y oxígeno.

- La glutatión peroxidasa también elimina el peróxido de hidrógeno del cuerpo y detiene la producción de radicales libres en los lípidos.
3. Otros compuestos como el beta-caroteno y algunos fitoquímicos ayudan a estabilizar los radicales libres y evitan daños en las células y los tejidos. Muchos sistemas enzimáticos requieren minerales como cofactores, para que les ayuden a realizar su función. En el caso de los sistemas de enzimas antioxidantes, los minerales como el selenio, el cobre, el hierro, el cinc y el manganeso actúan como cofactores, pues ayudan a combatir los daños provocados por los radicales libres. (Thompson, 2008)

El cuerpo no puede formar antioxidantes de forma espontánea, sino que debemos consumirlos en la dieta alimenticia. Entre los nutrientes que parecen poseer propiedades antioxidantes o que forman parte de los sistemas de enzimas antioxidantes protectores se incluyen las vitaminas E, C, A y el beta-caroteno (precursor de la vitamina A). El cobre, el hierro, el cinc y el manganeso desempeñan una función periférica en la lucha contra la oxidación.

Tabla 2.4 Sustancias antioxidantes y sus mecanismos de acción

| ANTIOXIDANTE | MECANISMO DE ACCIÓN |
|---------------|--|
| Vitamina E | Protege los lípidos frente a los daños de los radicales libres. |
| Vitamina C | Limpia el cuerpo de radicales libres, regenera la vitamina E tras su oxidación. |
| Beta-caroteno | Limpia el cuerpo de radicales libres, protege a las LDL (lipoproteína lipasa) frente a su oxidación. |
| Vitamina A | En fase de investigación como antioxidante. |

Nota: Adaptado de (Thompson, 2008)

2.2.4.6.3 Métodos para la determinación de la capacidad antioxidante.

Existen diversos métodos para evaluar la capacidad antioxidante, ya sea in vitro o in vivo. Una de las estrategias más aplicadas en las medidas in vitro de la capacidad antioxidante total de un compuesto, mezcla o alimento, consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical, en donde la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración de antioxidantes.

La capacidad antioxidante de una mezcla no viene dada por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes, también depende del microambiente en que se encuentre el compuesto. Los compuestos interactúan entre sí pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios.

Los diversos compuestos cromógenos para la determinación de la capacidad antioxidante son ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico), DPPH (2,2'-Difenil-1-picrilhidrazilo), DMPD (Dicloridrato de N,N-dimetil-p-fenilendiamina y FRAP (Ferric reducing antioxidant power).

Los métodos más aplicados son los que utilizan los reactivos ABTS y DPPH. Ambos presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato de potasio), enzimática (peroxidasa, mioglobulina), o también electroquímica. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico y el DMPD solo en medio acuoso.

El radical $ABTS^{\bullet+}$ tiene, además, la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorción a 414, 654,754 y 815 nm en medio alcohólico, mientras que el DPPH presenta un pico de absorbancia a 515 nm y el DMPD a 505 nm. (Kuskoski, 2005)

2.2.4.6.4 Método del ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico (ABTS)

Entre los métodos utilizados para determinar la capacidad de un antioxidante para captar radicales libre, el que emplea el radical $ABTS^{\bullet+}$ es uno de los más aplicados, al considerarse un método de elevada sensibilidad, práctico, rápido y muy estable.

La formación del catión radical $ABTS^{\bullet+}$ se produce al reaccionar ABTS con persulfato de potasio, esta es la base de uno de los métodos espectrofotométricos más aplicados para la determinación de la actividad antioxidante total de soluciones de sustancias puras, mezclas acuosas y bebidas. Este método fue validado por estabilidad, reproducibilidad y por ser una alternativa mucho más viable económicamente.

Por presentar una máxima absorción próxima a la región infrarroja (754 nm), se reducen las posibilidades de interferencias de compuestos coloreados que absorben en la región del visible o compuestos resultantes de una reacción secundaria

Según la metodología descrita por KUSKOSKI, este método se basa en la captación del radical $ABTS^{\bullet+}$ por los antioxidantes. La solución de $ABTS^{\bullet+}$ tiene un color verde azulado y la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración de antioxidantes. (Kuskoski, 2005)

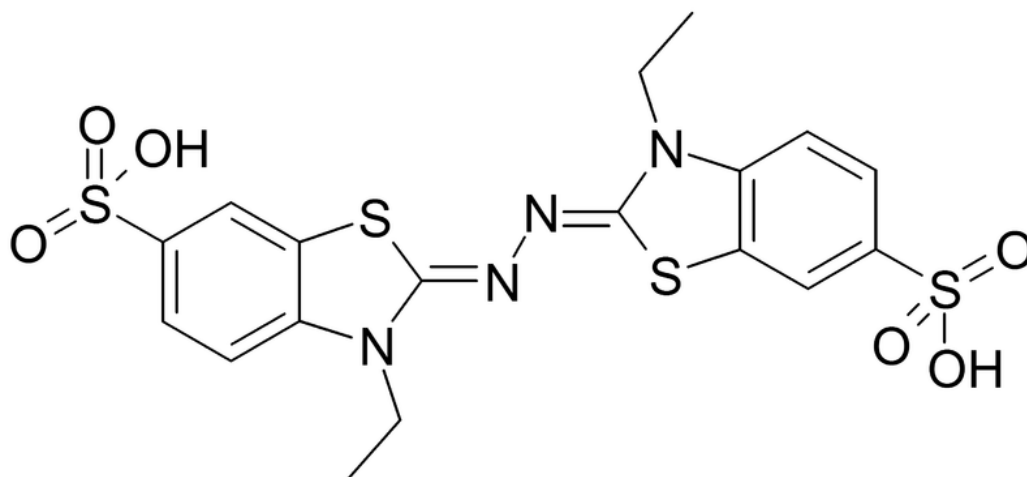


Figura 2.5 Estructura ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico)
En: (Rojo, 2009)

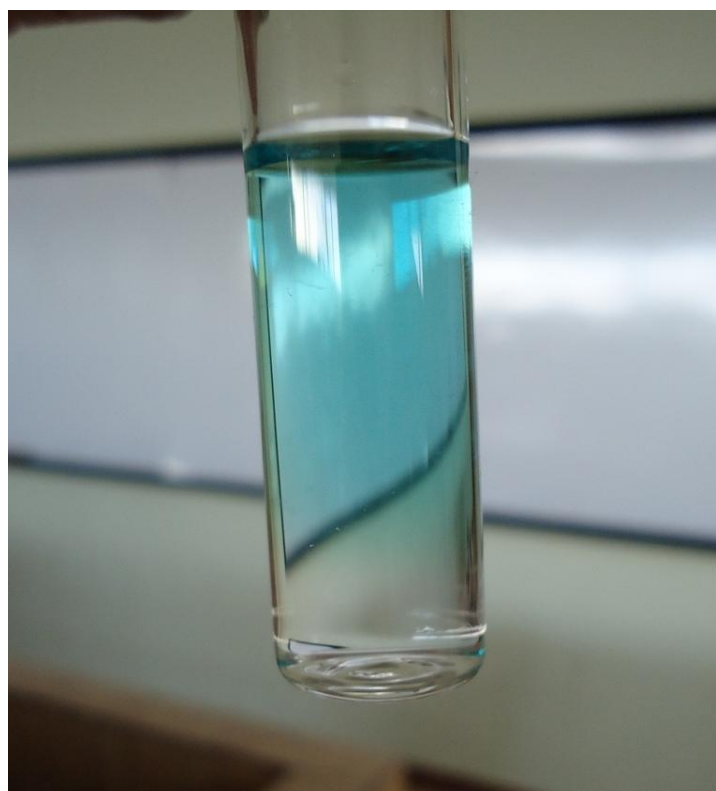
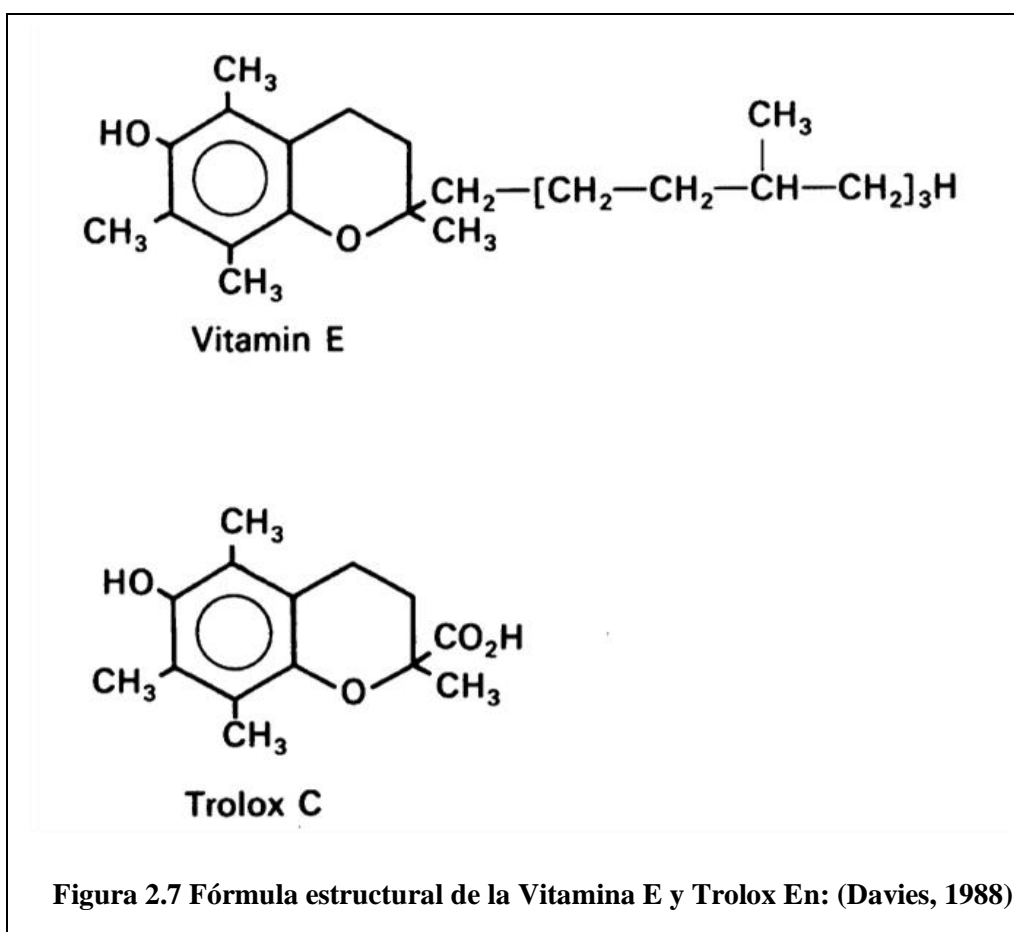


Figura 2.6 Solución verde azulada del catión radical
ABTS^{•+} sufriendo un proceso de decoloración.

Debido a las dificultades en la medición de los componentes individuales de antioxidantes de una mezcla compleja, se utiliza trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) , que es un análogo sintético de la vitamina E, como patrón de referencia para la medición de la capacidad antioxidante total.

Los resultados obtenidos por algunos investigadores indican que la reacción con el radical no se completa hasta pasado un minuto y según RE el tiempo de 4 minutos es el más apropiado. No obstante, SELLAPAN sugiere tiempos de medida de 6 minutos para los patrones de referencia y 7 para los compuestos puros, extractos de plantas o de alimentos. (Kuskoski, 2005)



2.2.5 Propiedades organolépticas

2.2.5.1 Color

El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de luz, y que por lo tanto, se puede medir físicamente en términos de su energía radiante o intensidad y por su longitud de onda. El ojo humano sólo puede percibirlo cuando su energía corresponde a una longitud de onda que oscila entre 380 y 780 nm; de ahí que una definición de color es “la parte de

la energía radiante que el humano percibe mediante las sensaciones visuales que se generan por la estimulación de la retina del ojo”. El color de un objeto tiene tres características:

- El tono, el cual está determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada. Unos cuantos nanómetros de diferencia produce una mezcla con otro color y por lo tanto un tono diferente.
- La intensidad, la cual depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto o alimento.
- El brillo, que es dependiente de la cantidad de luz que es reflejada por el cuerpo, en comparación con la luz que incide sobre él. (Anzaldúa, 1988)

El mundo que nos rodea tiene color y con base a éste se identifican muchas de las propiedades de los alimentos; de hecho, el color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos y posteriormente los juzga por su textura, sabor, etc. Esto es contundente ya que en innumerables pruebas se ha comprobado que cuando el color de un alimento cambia (sin alterar su forma, aroma, sabor, etc.), se obtiene una respuesta de rechazo por parte de los consumidores, o incluso, de los catadores entrenados; la importancia del color se ratifica nuevamente porque cuando este alimento se consume en la oscuridad o bajo una luz que cubra dicho cambio, sí es aceptado; es decir, el color influye en la percepción del alimento, de tal suerte que incluso los catadores distorsionan su juicio sobre las propiedades sensoriales de un alimento cuando sólo cambia el color.

Los alimentos, tanto en forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido, mediante el cual el consumidor los identifica; cualquier cambio que éste sufra puede causar el rechazo de los productos.

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante su manejo y procesamiento, y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un intenso café, mediante las reacciones de Maillard y de caramelización; en otras ocasiones, los pigmentos que contienen se alteran y cambian de color.

La mayoría de los alimentos vegetales y las carnes le deben su color a sus correspondientes pigmentos, que son sustancias que tienen una función biológica muy importante en los tejidos celulares. En este sentido cabe indicar que algunos de estos pigmentos se extraen de su estado natural y se emplean como colorantes en la elaboración de un gran número de alimentos.

En términos generales, los pigmentos relacionados con los alimentos se pueden dividir en ocho categorías:

1. Carotenoides
2. Clorofilas
3. Antocianinas
4. Flavonoides
5. Betalaínas
6. Taninos
7. Mioglobina y hemoglobina
8. Otros

Los seis primeros se encuentran fundamentalmente en productos vegetales, aun cuando llegan a estar presentes en derivados de origen animal; esto ocurre cuando en la dieta de los animales se incluyen vegetales ricos en pigmentos.

El séptimo grupo sólo se encuentra en productos de origen animal.

En el octavo grupo se incluye a un gran número de compuestos que también imparten color tanto a los tejidos vegetales como animales; en el que se incluyen quinonas, xantonas, la vitamina riboflavina como tal y en sus diferentes formas de coenzimas, los citocromos, etc. (Guerrero, 2006)

2.2.5.1.1 Carotenoides

La estructura química básica de la mayoría de estos compuestos es poliénica de 40 átomos de carbono, formada por ocho unidades de isopreno, cuyo arreglo se hace inverso en el centro y puede ser de cadena lineal o tener ciclizaciones en los extremos. El nombre genérico deriva de la zanahoria (*Daucus carota*), ya que fue esta hortaliza de donde se aislaron por primera vez.

En la naturaleza se han identificado más de 420 carotenoides, y a pesar de que generalmente su color varía de amarillo a anaranjado y rojo, una gran proporción de ellos, se encuentran en las hojas verdes y sólo hacen su aparición en el invierno cuando la clorofila, que es mucho más abundante desaparece.

Se han dividido en dos grandes grupos de acuerdo a su estructura química: los carotenos que son hidrocarburos y las xantofilas, sus derivados oxigenados

De todos los carotenoides identificados en la naturaleza, aproximadamente 115 se encuentran en los cítricos; sin embargo, no está claro si todos éstos se sintetizan en los frutos o se generan por una modificación de otros causada por las condiciones en las que se realizan la extracción y la identificación. El jugo y la pulpa le deben su color amarillo-anaranjado a estos pigmentos, de los

cuales el 70% de ellos se concentran en los plástidos del flavedo, que es la parte externa de la cáscara.

Debido a su estructura insaturada, los carotenoides están sujetos a muchos cambios químicos inducidos por las diferentes condiciones de procesamiento (principalmente por las altas temperaturas, las radiaciones electromagnéticas y el oxígeno) que se dan en la industria. Su transformación, además de provocar cambios de color, también reduce el valor nutritivo debido a que se destruye la actividad de la provitamina A. Al ser insolubles en agua, no se pierden por la lixiviación en el lavado, el remojo, etc. de los frutos que los contienen.

Su oxidación se acelera con el calor mediante un mecanismo semejante al de la autooxidación de las grasas insaturadas; la reacción se cataliza con la presencia de los metales de transición hierro y cobre, por la luz y la disponibilidad del oxígeno. (Guerrero, 2006)

2.2.5.1.2 Clorofilas

Es tal vez el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, ya que la mayoría de las plantas lo contienen en diversas concentraciones.

Las hojas de la mayoría de las plantas deben su color verde a la clorofila, pero ésta va desapareciendo al acercarse la madurez, para dejar paso a otros pigmentos como los carotenoides; este mismo proceso se presenta en los frutos inmaduros, que siendo verdes, se tornan amarillos, rojos, etc., por la pérdida de la clorofila y la síntesis de otras sustancias coloridas en la etapa de maduración.

Por ser insolubles en agua, este pigmento no se pierde por lixiviación; así pues, el lavado, el remojo, etc. de las frutas no provocan la disminución del color.

Su estructura química es muy compleja y fácilmente alterable por diferentes agentes, como los oxidantes, tanto oxígeno como peróxidos, las altas temperaturas, la luz, el pH y algunas enzimas.

2.2.5.1.3 Antocianinas

Estos compuestos, al igual que los flavonoides y las betalaínas, son pigmentos hidrosolubles con características de glucósidos; están constituidos por una molécula de antocianidina, que es la aglucona a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura química básica de estas agluconas es el ion flavilio que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico; por la posición trivalente del oxígeno, el flavilio normalmente funciona como un catión.

De todas la antocianidinas que actualmente se conocen (aproximadamente 20), las más importantes son la pelargonidina, la delfinidina, la cianidina, la petunidina, la peonidina y la malvidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la

combinación de éstas con los diferentes azúcares generan aproximadamente 150 antocianinas en la naturaleza. Son responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas, fresas y muchos otros productos de origen vegetal.

El color de las antocianinas depende de varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes químicos que contengan y la posición de los mismos en el grupo flavilio; por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación de los rojos.

Debido a una deficiencia del núcleo de flavilio, estos pigmentos funcionan como verdaderos indicadores de pH; es decir, su color depende de las condiciones de acidez o alcalinidad del sistema en que se encuentran, a un pH ácido adquieren una estructura estable de catión flavilio, de color rojo; cuando se incrementa el pH (valores mayores a 5), la distribución electrónica se modifica hasta llegar a la forma quinoidea de color azul; la hidratación del flavilio produce la base carbinol incolora (pH de 4 a 5).

Los tratamientos térmicos también influyen mucho en la destrucción de las antocianinas.

Dada su alta hidrosolubilidad, estos pigmentos se pueden perder fácilmente por lixiviación en el agua que se utiliza en los diferentes tratamientos; a medida que aumenta la temperatura se acelera la decoloración de las frutas, ya que se favorece tanto la extracción que incluso se puede llegar a obtener productos prácticamente incoloros.

Se ha visto que la degradación de las antocianinas va acompañada de la degradación del ácido ascórbico, de tal manera que en muchos casos la oxidación de la vitamina C implica una decoloración. Estos pigmentos también se ven afectados por la presencia de azúcares reductores, sobre todo de la fructosa; parece ser que esto se relaciona con el hecho de que el monosacárido en condiciones ácidas y altas temperaturas se descomponen en hidroximetil-furfural y en furfural, y éstos son los que en realidad atacan a los pigmentos (Guerrero, 2006).

2.2.5.1.4 Flavonoides

Son compuestos fenólicos que abundan en la naturaleza; dado que tienen una estructura química muy parecida a la de las antocianinas, normalmente se encuentran en diversos frutos junto con ellas, ya que ambos grupos de pigmentos siguen un proceso biosintético común.

Son glucósidos formados por una aglucona, que en muchos casos deriva de la 2-fenilbenzopirona; entre las principales agluconas se encuentran el flavonol y la flavona, además de la isoflavona, la flavonona, el flavonol, las chalconas y los biflavonilos.

Estos pigmentos son generalmente amarillos, y a pesar de que existe un número muy grande de ellos, no contribuyen de manera importante al color de los alimentos, se localizan en diversas frutas como peras, fresas, naranjas y limones.

Dada su capacidad de capturar radicales libres y de crear complejos con los iones metálicos, tienen una actividad antioxidante; sin embargo, el hecho de que sean poco solubles en lípidos los hace poco adecuados para este fin; también inhiben la oxidación de la vitamina C en algunos alimentos.

Normalmente los flavonoides son más estables al calor y a las reacciones de oxidación que las antocianinas y resisten la mayoría de los tratamientos térmicos que se emplean en la manufactura de alimentos.

2.2.5.1.5 Betaláinas

Este término se refiere a un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles, con estructuras de glucósidos, derivados de la 1,7-diazoheptametina y que se han dividido en dos grandes clases: los rojos o betacianinas y los amarillos o betaxantinas. Se encuentran en pocas plantas y flores, entre la que se destaca el betabel y la tuna roja.

2.2.5.1.6 Taninos

Los taninos son una clase de compuestos fenólicos incoloros o amarillo-café, que de acuerdo con su estructura y reactividad con agentes hidrolíticos, particularmente ácidos, se han dividido en dos grupos: los hidrolizables y los no hidrolizables o condensados.

Los primeros son sustancias poliméricas complejas, que a su vez se clasifican en galotaninos y elagitaninos. Por su parte, los taninos no hidrolizables o condensados son generalmente dímeros de la catequina o de antocianidinas; algunos de ellos producen una antocianidina coloreada cuando se tratan con ácidos calientes.

Por su estructura presentan propiedades reductoras y actúan como antioxidantes, protegiendo a los vinos tintos; sirven de sustrato en las reacciones de oscurecimiento enzimático, sobre todo en productos como el café y el cacao, y son los responsables de la astringencia de muchos frutos inmaduros.

La mayoría de los animales no metabolizan los complejos que se forman entre proteínas y taninos, lo que hace que se reduzca el valor nutritivo del alimento; las interacciones de estos dos compuestos se favorecen a altas temperaturas y en ciertas condiciones de pH. (Guerrero, 2006)

2.2.5.1.7 Mioglobina y hemoglobina

Tanto la mioglobina como la hemoglobina, son proteínas conjugadas o hemoproteínas responsables del color rojo del músculo y de la sangre, respectivamente; ambos pigmentos desempeñan funciones biológicas muy importantes.

2.2.5.2 Olor

Por definición, el olor es una sustancia volátil percibida por el sentido del olfato y por la acción de inhalar; en muchas ocasiones, este término tiene una connotación de desagradable, ya que los que generalmente se consideran agradables reciben el nombre de aromas.

Para que se pueda percibir algún olor, la molécula estimulante debe ser volátil (de bajo peso molecular) y además, se requiere de una corriente de aire para que la transporte a los centros olfativos de la nariz; éstos son muy sensibles, tienen un poder discriminatorio de calidad, son capaces de captar aproximadamente 10000 compuestos diferentes en 20 niveles de concentración y con un umbral mínimo de 10^{-18} molar.

Además de que la cantidad del agente activo es muy importante para captar un determinado olor, la velocidad de flujo a través del conducto nasal influye en forma decisiva; por esta razón, el umbral de percepción puede ser modificado hasta 100 veces al estimular el sistema nervioso simpático, ya que éste controla el tamaño de los vasos sanguíneos y por tanto el volumen de aire que circula en la nariz. Debido a que este sistema depende a su vez de los estados de salud y psicológico del individuo, la sensibilidad para captar un olor puede cambiar de un día a otro, o aun durante el mismo día.

En una superficie de 10 cm^2 de la región posterior de la nariz, el humano tiene de 10 a 20 millones de receptores olfativos, con vellosidades que penetran la mucosa que cubre el epitelio; éstas, al ser estimuladas por alguna molécula, producen un cambio en el potencial eléctrico del receptor, lo que a su vez induce un impulso que se transmite al cerebro por medio del nervio olfatorio. La acción del agente activo depende de su tamaño y de sus grupos funcionales, por lo que la estereoquímica desempeña un papel muy importante; el metano es inodoro, el hexano tiene un ligero olor y el del octano es típico de la gasolina. (Ponce, 2006)

2.2.5.3 Sabor

Este término tiene significados diferentes entre las personas. Para el consumidor no entrenado en aspectos sensoriales, sabor implica una percepción global integrada por excitaciones causadas en los sentidos del gusto y del olfato, y en muchas ocasiones, acompañada paralelamente de estímulos visuales, táctiles, sonoros y hasta de temperatura; es decir, cuando éste habla de sabor, en realidad se refiere a una respuesta compuesta por muchas sensaciones y cuyo resultado es aceptar o rechazar el producto.

Sin embargo, estrictamente hablando, sabor es sólo la sensación que ciertos compuestos producen en el órgano del gusto; esto es, la percepción que se lleva a cabo exclusivamente en la boca y, de manera específica, en la superficie de la lengua.

Tradicionalmente esta sensación se ha considerado como un fenómeno tetradimensional, integrado por cuatro sabores primarios: dulce, amargo, salado y ácido; sin embargo, en los últimos años, algunos investigadores japoneses han propuesto la inclusión de un quinto sabor básico denominado *umami*, que está muy relacionado con el sabor del glutamato monosódico, aun cuando existen otras sustancias que se encuentran en los alimentos en forma natural y que también lo ocasionan.

La identificación del sabor se lleva a cabo en los corpúsculos gustativos distribuidos en la lengua, en zonas más o menos definidas, pero existe un claro traslape: lo ácido se percibe principalmente en los márgenes laterales del ciclo posterior; lo amargo en las papilas de la parte posterior; lo salado en la punta y en los lados, y lo dulce en la punta. Por ejemplo los catadores profesionales mueven lentamente el vino desde la punta de la lengua hacia los lados y hacia atrás para así poderlo apreciar en su conjunto.

Los centros activos de percepción que suman de 9000 a 10000, se encuentran localizados en las papilas fungiformes, foliadas y circunvaladas del epitelio de la lengua y están integradas por muchas células localizadas alrededor de una terminal nerviosa, de un diámetro de aproximadamente 60 micras; cuando son estimulados por alguna sustancia presente en la superficie de la lengua, se produce una diferencia de cargas eléctricas entre el interior y el exterior, de tal manera que se activan las terminales nerviosas que envían unas señales al tálamo del cerebro, donde el sabor es identificado 3×10^{-3} segundos después. Las células perceptivas tienen una vida promedio relativamente corta (algunos días) y su número se reduce a medida que aumenta la edad del individuo.

La interacción de dos o más sabores primarios, puede aumentar o disminuir la intensidad de uno de ellos, como es el caso del dulce, que inhibe el salado o le confiere un sabor más agradable al amargo; estas combinaciones se conocen muy bien y se usan comúnmente en la elaboración casera o industrial de alimentos. (Ponce, 2006)

2.2.5.4 Evaluación organoléptica

La evaluación organoléptica consiste en el análisis de características tales como color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación determina la aceptación del producto. Estas características tienen mayor influencia en el consumidor que las reglamentaciones sanitarias. La evaluación organoléptica se efectúa para detener, cambiar o rectificar el proceso de elaboración cuando el producto no alcanza el nivel deseado, aunque cumpla con las reglamentaciones sanitarias.

La calidad organoléptica se evalúa por un panel de personas especialmente entrenadas para reconocer estas características. Para evaluar el color y la consistencia existen otros métodos más

objetivos. Sin embargo, para evaluar el olor y el sabor del producto se recurre al método subjetivo, o sea, al juicio del panel de catadores. (Meyer, 2002)

2.2.5.4.1 Pruebas hedónicas o de medición del grado de satisfacción

Cuando se deben evaluar más de dos muestras a la vez, o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto, puede recurrirse a las pruebas de medición del grado de satisfacción. Estas sirven para manejar más objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas de los jueces acerca de cuanto les gusta o les disgusta un alimento.

Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan escalas hedónicas. La palabra hedónica proviene del griego *εδον* que significa placer. Por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban.

Las escalas hedónicas pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y el número de muestras a evaluar.

Las escalas hedónicas verbales son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. Deben contener siempre un número impar de puntos y se debe incluir siempre el punto central “ni me gusta ni me disgusta”. A este punto se le asigna generalmente la calificación cero. A los puntos de la escala por encima de este valor se le otorgan valores numéricos positivos, indicando que las muestras son agradables; en cambio, a los puntos por debajo del valor de indiferencia se les asignan valores negativos, correspondiendo a las calificaciones de disgusto. Esta forma de asignar el valor numérico, tiene la ventaja de que facilita muchos los cálculos y es posible reconocer a primera vista si una muestra es agradable o desagradable.

Las escalas hedónicas gráficas se utilizan cuando existe dificultad para describir los puntos de una escala hedónica debido al tamaño de ésta, o cuando los jueces tienen limitaciones para comprender las diferencias entre los términos mencionados en la escala, por ejemplo en los casos cuando se emplean niños como jueces. (Anzaldúa, 1988)

2.2.5.4.2 Evaluación color

La medición del color puede efectuarse usando escalas de color. Estas pueden consistir de ejemplos típicos de alimentos, mostrando toda la gama de colores que pueden presentarse en las muestras o usando para ello fotografías o modelos hechos de plástico o de yeso coloreado. O bien puede tratarse de escalas construidas basándose en un atlas de colores.

2.2.5.4.3 Evaluación olor

El olor se evalúa mediante un panel de jueces entrenados. Las pruebas para la medición de olor deben ser rápidas, para no dar tiempo a que los jueces pierdan la capacidad de evaluar el olor y no deben presentárseles demasiadas muestras en una sesión.

2.2.5.4.4 Evaluación sabor

Cuando se realizan pruebas de evaluación del sabor, no sólo es importante que la lengua del juez esté en buenas condiciones, sino también que no tenga problemas con su nariz y garganta. Los jueces para pruebas de sabor, no deben haberse puesto perfume antes de participar en las degustaciones, ya que el olor del perfume puede interferir con el sabor de las muestras. (Anzaldúa, 1988)

2.2.6 Análisis nutricional

La finalidad de los alimentos es mantener el estado de buena salud del ser humano. El papel de los alimentos es proveer la energía necesaria para el normal desarrollo de los procesos mecánicos y bioquímicos del cuerpo humano.

Sin embargo, las proporciones en las que estos elementos deber ser incluidos en una dieta equilibrada, en muchas ocasiones distan mucho de esta cifra. No obstante, se puede decir que los principales nutrientes son:

- Agua
- Proteínas
- Lípidos
- Hidratos de carbono (incluyendo fibra)
- Minerales (cenizas)

Por ello, la determinación de la calidad de un alimento pasa por la caracterización de estos parámetros.

2.2.6.1 Humedad

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas, pero su determinación precisa es muy fácil. El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas: como agua enlazada y como agua disponible o libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. (Kirk, 2005)

Se obtiene como la diferencia en peso después de una deshidratación en condiciones pautadas. Se expresa como porcentaje del peso perdido. Para determinarlo se procede a una desecación en estufa de vacío a menos de 100°C, que se prolonga durante el tiempo necesario para alcanzar pesada constante. De esta forma se asegura la completa eliminación del agua, evitando la pérdida de sustancias volátiles o la pérdida adicional de peso por la degradación de componentes termolábiles.

2.2.6.2 Proteínas

Las proteínas constituyen, junto con los ácidos nucleicos, las moléculas de información en los seres vivos. Las proteínas juegan un papel central en los sistemas biológicos. Los microorganismos tienen un número mínimo cercano a 3000 clases de proteínas que abarcan todo tipo de funciones: estructura, transporte, defensa, reconocimiento, almacenamiento y la función catalítica que llevan a cabo las enzimas.

La importancia de las proteínas en los sistemas alimenticios no es menor. Poseen propiedades nutricionales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quienes las consumen.

Existe la posibilidad de formar un gran número de proteínas a partir de las 20 unidades básicas denominadas aminoácidos. Las diversas combinaciones de secuencia de aminoácidos, longitud de cadena y organización estructural permiten una gran variedad de estructuras y por tanto de funciones, que dependerán de sus propiedades fisicoquímicas, como: carga, hidrofobicidad, estado de agregación, etc. (Gálvez, 2006)

El método más asequible para determinar el contenido de proteínas totales es medir el contenido en nitrógeno y establecer una proporcionalidad entre esta medida y el contenido en nitrógeno de las proteínas. El valor general aceptado para convertir el contenido de nitrógeno a proteínas es 6,25 ya que se acepta que el contenido medio en nitrógeno de las proteínas de los alimentos es del 16% (proteína con una distribución estándar de aminoácidos). Si se conoce mejor el alimento es posible precisar más. Así puede usarse 5,83 para el trigo o 6,38 para la leche.

Sin embargo, a menudo es habitual dar simplemente el nitrógeno Kjeldahl, sin hacer más presunciones sobre la composición de las proteínas. La caracterización de las proteínas de un alimento, es un proceso extraordinariamente trabajoso y por ello inadecuado para hacerlo como rutina.

El método Kjeldahl se basa en la combustión en húmedo de la muestra, por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta amoníaco, el cual queda en solución en forma de sulfato de amonio. La solución anterior, una vez alcalinizada, se destila directamente o por arrastre de vapor para desprender el amoníaco, el cual es atrapado y luego se titula. (Kirk, 2005)

2.2.6.3 Lípidos

Originalmente se definía a los lípidos como unas sustancias insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos como cloroformo, hexano y éter de petróleo; con esta consideración de solubilidad, existen muchos otros compuestos, como terpenos, vitaminas y carotenoides que también están incluidos. Sin embargo, algunos autores consideran lípidos solo a aquellas moléculas que son derivados reales o potenciales de los ácidos grasos y sustancias relacionadas. Según esta definición los aceites y las grasas se consideran también como lípidos. (Badui, 2006)

Los lípidos son grupos de compuestos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, aunque también contienen fósforo y nitrógeno. Desempeñan muchas funciones en los tejidos, además de que son la fuente energética más importante, ya que cada gramo genera 9 kcal porque en su estructura contienen más átomos de carbono que las proteínas y los hidratos de carbono.

Las grasas se determinan por extracción repetida en un extractor tipo Soxhlet, la extracción se lleva a cabo en caliente bajo reflujo del disolvente y debe prolongarse hasta que no se pueda extraer más (pesada constante). En este momento, se evapora el disolvente y se evalúa la grasa extraída por pesada. El contenido de grasas se evalúa como porcentaje de la grasa así obtenida de la muestra de alimento procesada.

2.2.6.4 Hidratos de carbono

Como indica su nombre, los hidratos de carbono son compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, presentan la fórmula general $C_x(H_2O)_n$, y tienen estructura de polihidroxialdehído o de polihidroxiacetona; además, todos los carbohidratos presentan los grupos funcionales $C=O$ y $-OH$.

Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza, y también los más consumidos por los seres humanos. Los hidratos de carbono que provienen del reino vegetal son más variados y abundantes que los del reino animal; se originan como producto de la fotosíntesis y son los principales compuestos químicos que almacenan la energía radiante del sol. De hecho, la glucosa que se sintetiza en las plantas representa la materia fundamental para la fabricación de todos los carbohidratos. Por su parte la glucosa da origen a muchos otros azúcares como la sacarosa y la fructosa, o a bien polímeros como la celulosa y el almidón. (Valdés, 2006)

2.2.6.5 Fibra

Con este nombre se designa a un grupo muy amplio de polisacáridos, que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, incluyendo al hombre, pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo.

La fibra está constituida por los compuestos estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que se destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas; también se incluyen en éstos a

la lignina, aun cuando ésta no es un hidrato de carbono, sino más bien una cadena de compuestos fenólicos. Es necesario hacer una clara distinción entre la fibra cruda y la fibra dietética.

Se debe entender la fibra cruda como la parte orgánica del alimento que es insoluble y no digerible y que está formada en la inmensa mayoría de las ocasiones por celulosas y lignocelulosas provenientes de los tejidos vegetales. No debe confundirse con la denominada fibra dietética o soluble que, aunque no se absorbe como nutriente en el intestino humano, es fisiológicamente importante en los procesos intestinales. (Valdés, 2006)

La fibra cruda se determina atacando la muestra sucesivamente con HCl y NaOH calientes hasta dejar solamente la parte no digerible que es principalmente celulosa y parte de lignina, como la lignocelulosa. Este residuo representa la parte fibrosa, insoluble e indigestible de los alimentos. Sin embargo, este residuo puede contener parte de las sales minerales que sean insolubles. En ese caso el residuo puede incinerarse para determinar su contenido en minerales y restarlo del contenido de fibra.

2.2.6.6 Cenizas

La ceniza de un producto alimenticio es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. Representa el contenido en sales minerales, aunque sin especificar cuánto de cada uno de los elementos particulares, por lo que la medida tiene un valor limitado.

Se determina incinerando una muestra del alimento en un horno de mufla a 600-700°C. La muestra pesada se pone en un crisol y se incinera hasta pesada constante. Es útil conocer el tiempo de incineración que requiere la muestra en un ensayo previo, ya que es particularmente difícil de pesar dada la elevada temperatura. Las cenizas se expresan como porcentaje en peso que ha quedado después de la incineración.

El análisis de las cenizas de plantas, microorganismos, animales y cadáveres de seres humanos, revela la presencia de más de 60 elementos químicos, de los cuales 36 se encuentran con regularidad: aluminio, antimonio, arsénico, azufre, bario, boro, bromo, cadmio, calcio, cinc, cloro, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, flúor, fósforo, galio, hierro, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, potasio, rubidio, selenio, silicio, sodio, titanio, vanadio y yodo. Sin embargo la presencia de alguno de éstos en el organismo no prueba su participación en el metabolismo y por lo tanto su calidad de nutriente; en muchos casos puede tratarse de simples contaminaciones. (Badui, 2006)

2.2.7 Análisis estadístico

2.2.7.1 Análisis de varianza

El nombre de análisis de varianza (ANOVA), viene del hecho de que se utilizan cocientes de varianzas para probar la hipótesis de igualdad de medias. La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento.

2.2.7.2 Diseños factoriales

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas o características de calidad, es decir, lo que se busca es estudiar la relación entre los factores y la respuesta, con la finalidad de conocer mejor cómo es esta relación y generar conocimiento que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en general tiene un diseño factorial, es determinar una combinación de niveles de los factores en la cual el desempeño del proceso sea mejor que en las condiciones de operación actuales, es decir encontrar nuevas condiciones de operación del proceso que eliminen o disminuyan cierto problema de calidad en la variable de salida. (Gutiérrez, 2003)

2.2.7.2.1 Diseños factoriales con dos factores

Considere los factores A y B con a y b ($a, b \geq 2$) niveles de prueba, respectivamente. Con ellos se puede construir el arreglo o diseño factorial a x b, que consiste de a x b tratamientos. Se llama réplica cada repetición completa del arreglo factorial.

Con un diseño factorial a x b se pueden estudiar los dos efectos individuales (A y B) y el efecto de interacción entre ambos factores (AB).

Se pueden plantear los tres pares de hipótesis siguientes:

Ho: Efecto A=0

H_A: Efecto A≠0,

Ho: Efecto B=0

H_A: Efecto B≠0,

Ho: Efecto AB=0

H_A: Efecto AB≠0.

Estas hipótesis se prueban mediante la técnica del análisis de varianza. El ANOVA para un diseño factorial a x b con n réplicas resulta de descomponer la variación total como:

$$SC_T = SC_A + SC_B + SC_{AB} + SC_E$$

Donde SC_T es la suma de cuadrados totales, SC_A es la suma de cuadrados del factor A, SC_B es la suma de cuadrados del factor B, SC_{AB} es la suma de cuadrados de la interacción AB y SC_E es la suma de cuadrados del error.

Donde los respectivos grados de libertad de cada una de ellas son:

$$nab - 1 = (a-1) + (b-1) + (a-1)(b-1) + ab(n-1)$$

El factor $(n-1)$ en los grados de libertad de la suma de cuadrados del error (SC_E), señala que se necesitan al menos dos réplicas del experimento para poder calcular este componente, y por ende poder construir una tabla de ANOVA. Las sumas de cuadrados divididas entre sus correspondientes grados de libertad se llaman cuadrados medios (CM). De dividir los cuadrados medios de los efectos de interés entre el cuadrado medio del error (CME) se obtienen estadísticos de pruebas con distribución F con grados de libertad de la suma de cuadrados del efecto correspondiente en el numerador y $ab(n-1)$ grados de libertad en el denominador. Toda esta información se sintetiza en la tabla 2.5

Tabla 2.5 ANOVA para el diseño factorial a x b

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | Fo | p-value |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Efecto A | SC_A | $a-1$ | CM_A | CM_A / CM_E | $P(F > F_0^A)$ |
| Efecto B | SC_B | $b-1$ | CM_B | CM_B / CM_E | $P(F > F_0^B)$ |
| Efecto AB | SC_{AB} | $(a-1)(b-1)$ | CM_{AB} | CM_{AB} / CM_E | $P(F > F_0^{AB})$ |
| Error | SC_E | $ab(n-1)$ | CM_E | | |
| Total | SC_T | $abn-1$ | | | |

Nota: Adaptado de (Gutiérrez, 2003)

Si el p-value es menor al nivel de significancia α prefijado, se concluye que la correspondiente hipótesis es significativa, es decir, este efecto está activo o influye a la variable de respuesta. Y si el efecto está activo entonces debe tomarse en cuenta en la interpretación de los resultados, buscando mejorar el desempeño de la respuesta. (Gutiérrez, 2003)

2.2.7.3 Comparaciones o pruebas de rango múltiples

Después de que se rechazó la hipótesis nula en un análisis de varianza, es necesario ir a detalle y ver cuáles tratamientos son diferentes.

Un método para comparar pares de medias de tratamientos es el método de Tukey, que consiste en comparar las diferencias entre medias muestrales con el valor crítico dado por:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{\frac{CM_E}{n}}$$

Donde CM_E es el cuadrado medio del error que se obtiene de la tabla de ANOVA y n es el número de observaciones por tratamiento, k es el número de tratamientos, $N-k$ es igual a los grados de libertad para el error, α es el nivel de significancia prefijado y el estadístico $q_{\alpha}(k, N - k)$ son puntos porcentuales de la distribución de rango estudentizado, que se pueden obtener de las tablas de Student.

Se declaran significativamente diferentes, los pares de medias cuya diferencias muestrales en valor absoluto sea mayor que T_{α} . El método de Tukey trabaja con un error α muy cercano al declarado por el experimentador.

En la práctica, es útil ordenar las medias muestrales de mayor a menor y luego realizar las diferencias entre las medias para ver si son o no estadísticamente diferentes. Se representan con letras mayúsculas a las medias muestrales que son estadísticamente iguales.

Tabla 2.6 Representación de medias muestrales mediante el método de Tukey

| Media muestral | Diferencia muestral | Decisión | Rango Tukey |
|----------------|--------------------------|------------------|-------------|
| u_A | $u_A - u_B < T_{\alpha}$ | No significativa | A |
| | $u_A - u_C > T_{\alpha}$ | Significativa | |
| | $u_A - u_D > T_{\alpha}$ | Significativa | |
| u_B | $u_B - u_C > T_{\alpha}$ | Significativa | A |
| | $u_B - u_D > T_{\alpha}$ | Significativa | |
| u_C | $u_C - u_D < T_{\alpha}$ | No significativa | B |
| u_D | | | B |

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

En el presente proyecto se desarrolló una investigación experimental que se realizó a condiciones de Laboratorio, realizando un análisis físico (tamaño, contenido de pulpa, grado de madurez e índice de madurez) de los frutos de tomate de árbol con los que se trabajó. Además se realizó un análisis fisicoquímico (pH, acidez titulable, °Brix, viscosidad, tensión superficial, capacidad antioxidante y color) y un análisis sensorial (pruebas hedónicas de sabor, color y olor) del jugo de tomate de árbol preparado tras exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

En la presente investigación se trabajó con dos clases de tomate de árbol: el tomate de árbol criollo puntón o anaranjado puntón y el tomate de árbol rojo o mora, que fueron adquiridos en cajas pequeñas en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato. Cada caja contenía aproximadamente 60 tomates.



Figura 3.1 Tomate de árbol criollo puntón o anaranjado puntón



Figura 3.2 Tomate de árbol rojo o mora

3.2.2 Muestra

De cada variedad de tomate de árbol se seleccionaron 24 frutos de tamaño grande y grado de madurez pintón de acuerdo a la norma INEN 1909:2009 (anexo 14), con los que se trabajó en la investigación.

3.3 Diseño experimental

3.3.1 Diseño metodológico

La investigación se divide en tres partes:

1. Adquisición, selección y determinación de las propiedades físicas del fruto de tomate de árbol.
2. Cocción de los frutos a diferentes tiempos, preparación de los jugos y determinación de las propiedades fisicoquímicas de los jugos de tomate de árbol.
3. Evaluación organoléptica de los jugos de tomate de árbol y determinación de un análisis nutricional del jugo de mayor aceptación.

3.3.1.1 Primera parte

El tomate de árbol criollo puntón y el tomate rojo fueron adquiridos en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato en cajas pequeñas de aproximadamente 60 tomates.

De cada caja de tomate de árbol se seleccionaron 24 frutos de tamaño grande y grado de madurez pintón. A 4 frutos se les determinó el contenido de pulpa y el índice de madurez.

El procedimiento anterior se realizó para las dos variedades de tomate de árbol.

3.3.1.2 Segunda parte

Cada uno de los 20 frutos restantes se expuso a un proceso de cocción por un tiempo determinado (0, 5, 10, 15 y 20 minutos), luego se les dejó enfriar, se les retiró la cáscara y finalmente se determinó su masa.

Luego se procedió a la preparación de los jugos, añadiendo una masa igual de agua mineral sin gas a la pulpa de tomate de árbol pesada anteriormente. Se obtuvieron 20 jugos, 4 jugos para cada tiempo de cocción del fruto.

Finalmente se determinaron las propiedades físicas (pH, acidez titulable, ° Brix, viscosidad, tensión superficial y color) y las propiedades químicas (capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico y capacidad antioxidante expresada como trolox) de los jugos de tomate de árbol.

El procedimiento anterior se realizó para las dos variedades de tomate de árbol.

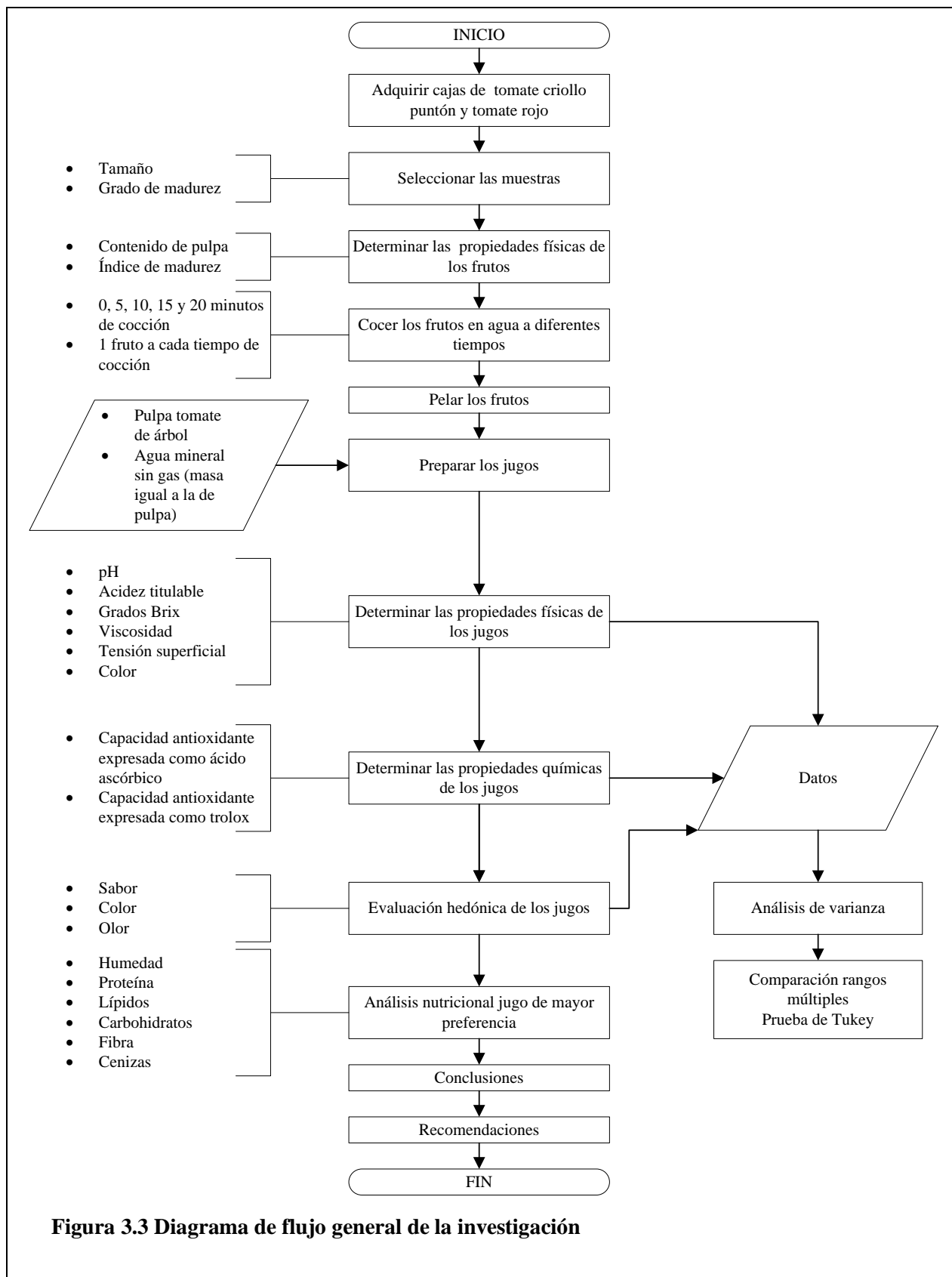
3.3.1.3 Tercera parte

Se realizó unas pruebas hedónicas o de preferencia de sabor, color y olor a los jugos de tomate de árbol de las dos variedades, para determinar cuál es el jugo más agradable para los consumidores. Se utilizó una escala hedónica de 7 puntos con un panel de 20 jueces semientrenados.

Luego se realizó un análisis nutricional del jugo de mayor aceptación y del jugo preparado sin cocción del fruto de la misma variedad que el anterior.

3.3.2 Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo de la investigación:



3.3.3 Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de arreglo factorial A x B (2x5) con 4 repeticiones por tratamiento, donde:

A: son las variedades de tomates de árbol con la que se trabajó.

B: son los diferentes tiempos de cocción al que se sometió el fruto del tomate de árbol.

3.3.3.1 Variables Independientes

Las variables independientes son:

- Las variedades de tomates de árbol con la que se trabajó: tomate de árbol criollo puntón y tomate de árbol rojo.
- Los diferentes tiempos de cocción al que se sometieron los tomates de árbol: 0, 5, 10, 15 y 20 minutos.

3.3.3.2 Variables Dependientes

Las variables dependientes son: pH, acidez titulable, °Brix, viscosidad, tensión superficial, capacidad antioxidante expresado como ácido ascórbico, capacidad antioxidante expresado como trolox y color del jugo de tomate de árbol obtenido tras someter el fruto a diferentes tiempos de cocción.

Además para ver cuál de los jugos tiene la mayor aceptación del consumidor se realizó una evaluación hedónica de sabor, color y olor a un panel de 20 jueces semientrenados.

3.3.3.3 Tratamiento estadístico

Con un análisis de varianza se evaluó los dos efectos individuales y el efecto de interacción entre ambos factores.

A: Variedades tomates de árbol,

B: Tiempos de cocción

AB: Interacción entre las dos variables

H_0 : Efecto A= 0

H_A : Efecto A \neq 0

H_0 : Efecto B= 0

H_A : Efecto B \neq 0

H_0 : Efecto AB= 0

H_A : Efecto AB \neq 0

Se utilizó una prueba de rangos múltiples para realizar comparaciones dos a dos. Se utilizó el método Tukey, ya que el riesgo de detectar una diferencia que no existe, es menor con este método y se trabaja con un error muy cercano al declarado por el experimentador.

3.4 Técnicas e instrumentos analíticos

3.4.1 Análisis físico del fruto del tomate de árbol – INEN 1909:2009

3.4.1.1 Determinación del tamaño del fruto

El tamaño del fruto se determina por el diámetro máximo del fruto en milímetros, la longitud en milímetros y la masa expresada en gramos. La correlación entre tamaño, diámetro, longitud y masa es la siguiente:

Tabla 3.1 Tabla de correlación entre el tamaño, diámetro, longitud y masa del tomate de árbol

| Tamaño del fruto | Diámetro, mm | Longitud, mm | Masa promedio, g |
|------------------|--------------|--------------|------------------|
| Grande | >55 | >70 | >120 |
| Mediano | 45-55 | 60-70 | 60-120 |
| Pequeño | <45 | <60 | <60 |



Figura 3.4 Instrumentos para determinar el tamaño del tomate de árbol

3.4.1.1.1 Diámetro máximo

Se mide el diámetro con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros.

3.4.1.1.2 Longitud

Se mide la longitud con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros.

3.4.1.1.3 Masa

La masa de los tomates de árbol se determina mediante el uso de una balanza y el resultado se expresa en gramos.

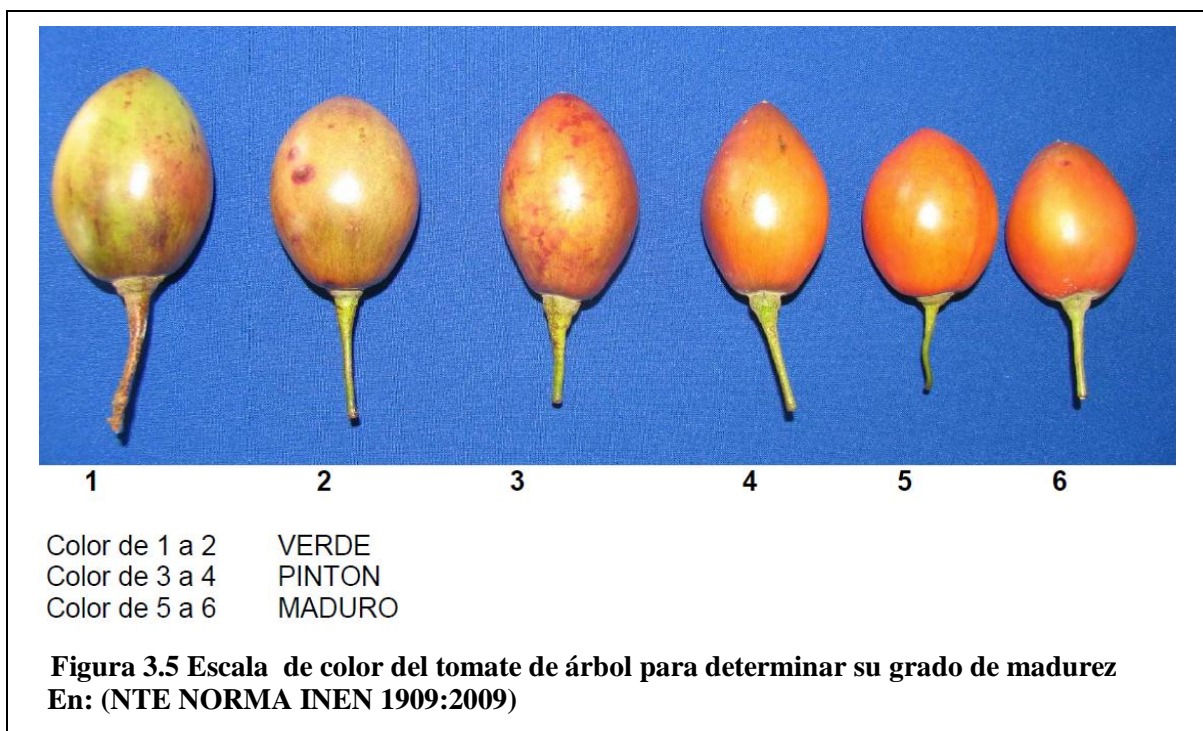
3.4.1.2 Determinación del contenido de pulpa

Se obtiene mediante la extracción manual (separando la pulpa de la cáscara y las semillas) y se establece la relación de la masa de la pulpa con respecto a la masa total de la fruta. El resultado se expresa en porcentaje (%).

$$\text{Contenido de pulpa} = \frac{P_{\text{pulpa}}(g)}{P_{\text{fruta}}(g)} \times 100$$

3.4.1.3 Determinación de la madurez del tomate de árbol

La madurez de los tomates de árbol puede evaluarse visualmente según su coloración externa. La escala de color del tomate de árbol para determinar su madurez es la que se indica a continuación:



Otro indicador es el índice de madurez que se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales (°Brix) y el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{SST (\text{°Brix})}{\% \text{Acidez titulable}}$$

Los grados Brix y la acidez titulable se determinan de acuerdo a la norma INEN 380 y 381 respectivamente.

3.4.2 Preparación del jugo de tomate de árbol

3.4.2.1 Instrumental

- Balanza granataria OHAUS $\pm 0.1\text{g}$
- Licuadora OSTERIZER
- Cocineta HACEB
- Vasos de precipitación de 1000 mL
- Vasos de precipitación de 250 mL
- Cuchillo
- Tamizador
- Cronómetro

3.4.2.2 Procedimiento

- Lavar correctamente un fruto de tomate de árbol, secarlo y pesarlo en balanza granataria.
- Someter el fruto a un proceso de cocción durante 5 minutos en un vaso de precipitación de 1000 mL con agua.
- Enfriar el fruto en un baño de agua fría y secarlo bien.
- Pelar el tomate y calcular la masa de pulpa obtenida.
- Colocar la pulpa en una licuadora con una cantidad igual de agua mineral sin gas.
- Licuar la mezcla anterior durante 40 segundos y tamizar en un recipiente de vidrio.
- Repetir lo anterior a 10, 15 y 20 minutos de cocción del fruto y también con un fruto sin someterlo a cocción.

3.4.3 Determinación del pH de los jugos

El pH de los jugos de tomate de árbol se determina de acuerdo a la norma INEN 389-Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH).

3.4.3.1 Instrumental

- Potenciómetro con electrodos de vidrio
- Vaso de precipitación de 250 cm³
- Agitador



Figura 3.6 Equipo para la determinación de pH

3.4.3.2 Procedimiento

- Si la muestra es líquida, homogeneizarla convenientemente mediante agitación.
- Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 10 g o 10 cm³ de la muestra preparada, añadir 100 cm³ de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) y agitar suavemente
- Si existen partículas en suspensión, dejar en reposo el recipiente para que el líquido se decante.
- Determinar el pH por duplicado sobre la misma muestra, introduciendo los electrodos de vidrio en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas, en caso de que existan.

3.4.4 Determinación acidez titulable

La acidez titulable de los jugos de tomate de árbol se determina de acuerdo a la norma INEN 381- Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico de referencia.

3.4.4.1 Instrumental

- Balanza analítica, sensible al 0,1 mg
- Potenciómetro con electrodos de vidrio
- Agitador mecánico o electromagnético
- Mortero
- Matraz erlenmeyer de 250 cm³
- Matraz volumétrico de 250 cm³
- Baño de agua

- Embudo para filtración
- Condensador de reflujo
- Papel filtro

3.4.4.2 Reactivos

- Solución 0,1 N de hidróxido de sodio.
- Solución reguladora de pH conocido. Se recomienda pH=9

3.4.4.3 Procedimiento

- Mezclar y ablandar la muestra en un mortero.
- Pesar 25 g de muestra, con aproximación al 0,01 g y transferirla a un matraz Erlenmeyer, añadiendo luego 50 cm³ de agua destilada caliente; mezclar convenientemente hasta obtener un líquido de aspecto uniforme.
- Acoplar el condensador de reflujo en el matraz Erlenmeyer y calentar en el baño de agua hirviente durante 30 minutos; enfriar y transferir el contenido a un matraz volumétrico de 250 cm³, diluyendo a volumen con agua destilada previamente hervida y enfriada.
- Mezclar perfectamente y filtrar.
- Comprobar el funcionamiento correcto del potenciómetro utilizando la solución reguladora de pH conocido.
- Lavar el electrodo de vidrio varias veces con agua destilada hasta que la lectura del pH sea de aproximadamente 6.
- Colocar en un matraz volumétrico de 25 a 100 cm³ de la muestra preparada, según la acidez esperada y sumergir los electrodos en la muestra.
- Añadir rápidamente de 10 a 50 cm³ de la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, agitando hasta alcanzar pH 6, determinado con el potenciómetro.
- Continuar añadiendo lentamente solución 0,1N de hidróxido de sodio hasta obtener pH 7; luego adicionar la solución de hidróxido de sodio (cuatro gota cada vez), registrando el volumen de la misma y el pH obtenido después de cada adición, hasta alcanzar pH 8,3 aproximadamente
- Por interpolación, establecer el volumen exacto de solución 0,1 N de hidróxido de sodio añadido correspondiente al pH 8,1.
- La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- La acidez titulable se determina por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Índice de acidez} = \frac{V_{NaOH}(mL) \times N_{NaOH} \times P_{eq}(\text{ácido cítrico})}{V_{alícuota}(mL)}$$

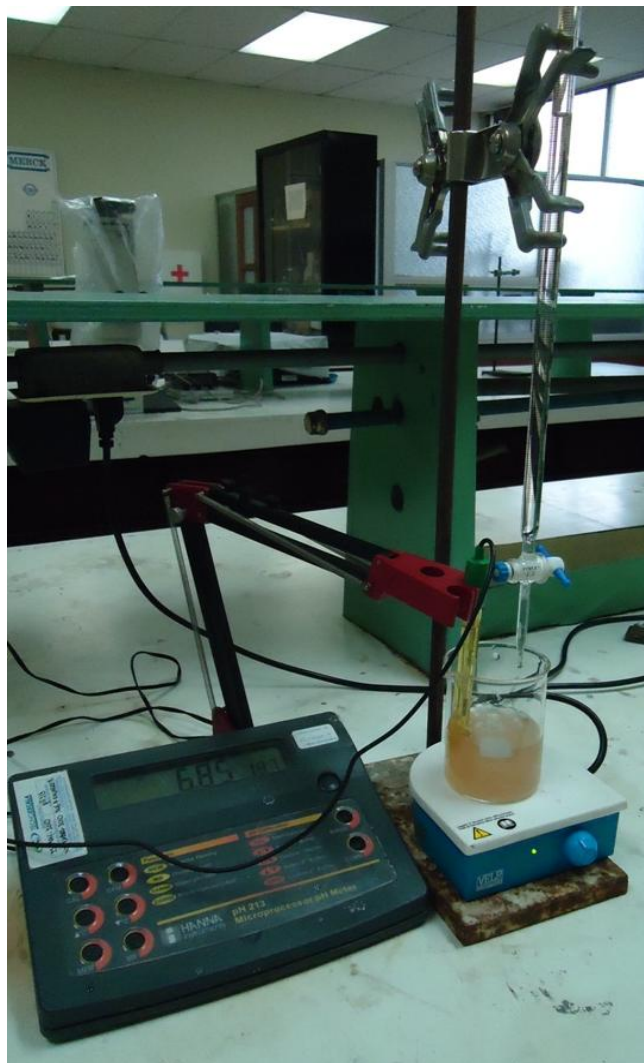


Figura 3.7 Equipos para la determinación de acidez titulable

3.4.5 Determinación Sólidos Solubles °Brix

Los grados Brix de los jugos de tomate de árbol se medirán de acuerdo a la norma INEN 380-Conservas vegetales. Determinación sólidos solubles. Método refractométrico.

3.4.5.1 Instrumental

- Brixómetro Boeco.
- Termómetro MULTI-THERMOTER $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
- Baño térmico MLW $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$



3.4.5.2 Procedimiento

- Mezclar bien la muestra y prensarla a través de una gaza doblada en cuatro partes, rechazando las primeras gotas de líquido y reservando el resto de éste para la determinación.
- Calibrar el brixómetro con agua destilada.
- Medir la temperatura de la muestra, la cual debe estar a 20 °C.
- Colocar 2 o 3 gotas de la muestra preparada en el brixómetro y tomar la medida.
- La medición debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra de laboratorio.

3.4.6 Determinación de la viscosidad del jugo de tomate de árbol

3.4.6.1 Instrumental

- Viscosímetro BROOKFIELD RV
- Baño térmico MLW $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
- Termómetro digital MULTI-THERMOTER $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
- Vasos de precipitación de 250 mL

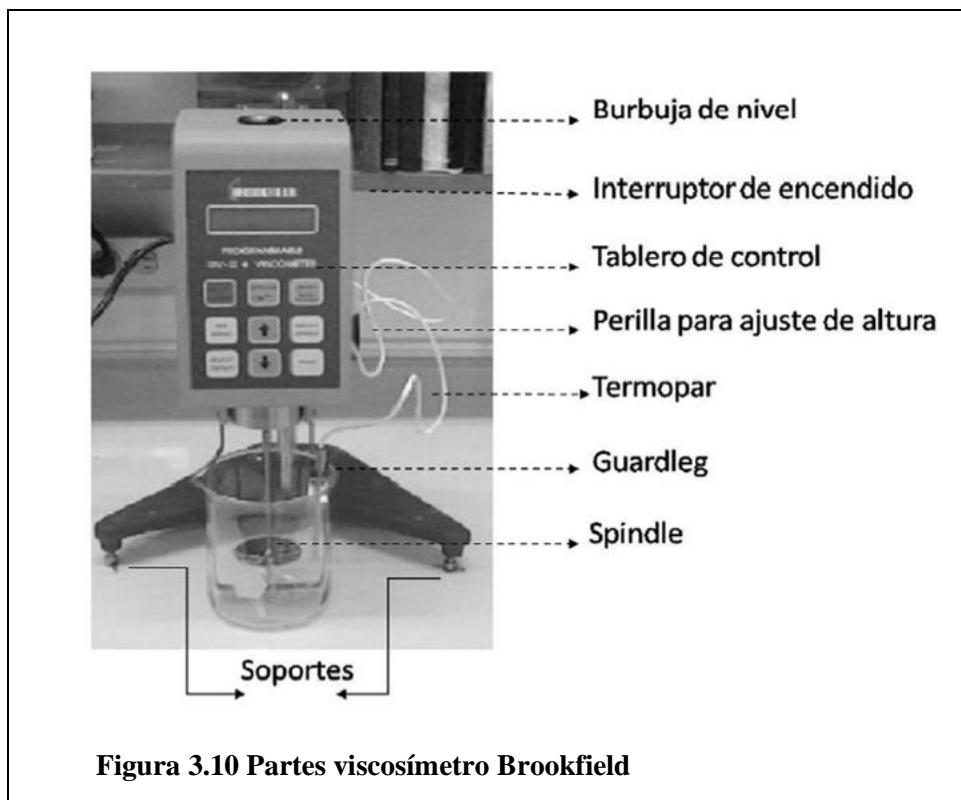
3.4.6.2 Procedimiento

- Colocar aproximadamente 200 mL de la muestra en un vaso de precipitación de 250mL y poner éste en un baño térmico a 20°C por 15 minutos.
- Armar el viscosímetro Brookfield con sus respectivos accesorios.
- Estabilizar el equipo auxiliándose de los soportes hasta lograr que la burbuja de nivel se sitúe en el centro del visor superior.
- Al encender el viscosímetro se mostrará la siguiente leyenda “Remove any spindle/Press any key”. Obedecer la leyenda.
- Una vez realizado lo señalado anteriormente, el equipo realiza el procedimiento “Autozeroing”. Es conveniente llevarlo a cabo cada vez que se encienda el equipo o se cambie de spindle o aguja.
- Insertar la aguja #2 y programar el equipo a una velocidad de 1 revolución por minuto.

- Sumergir la aguja en la muestra hasta cubrir la ranura que el eje del mismo posee como indicador de nivel.
- Registrar la temperatura de la muestra y verificar que coincida con la del laboratorio. En ese instante, el resto de las variables en pantalla debe ser cero, indicando que el motor aún no está en marcha.
- Encender el motor y realizar el primer registro de los datos después de transcurrido un tiempo que permita descartar influencias sobre el equilibrio térmico y la homogeneidad en la agitación de la muestra.
- El registro de los datos posteriores debe realizarse a intervalos iguales de tiempo (1 minuto), obteniendo así, un comportamiento promedio reológico de la muestra.



Figura 3.9 Viscosímetro Brookfield RV



3.4.7 Determinación de la tensión superficial

Para la determinación de la tensión superficial se utilizará el método de la placa de Wilhelmy.

3.4.7.1 Instrumental.

- Dinamómetro $\pm 0,002\text{N}$
- Baño térmico MLW $\pm 0,1^\circ\text{C}$
- Termómetro digital THERMOTER $\pm 0,1^\circ\text{C}$
- Caja petri
- Placa portaobjetos
- Calibrador $\pm 0,05\text{ mm}$
- Vaso de precipitación de 100 mL

3.4.7.2 Procedimiento

- Medir la longitud de la placa portaobjetos con el calibrador
- Colocar una cierta cantidad de la muestra en un vaso de precipitación de 100 mL y ponerlo en el baño térmico a 20°C por 15 minutos.
- Trasvasar la muestra a una caja petri.
- Sujetar del extremo del dinamómetro la placa en forma vertical.
- Registrar el peso de la placa portaobjetos (F_0)
- Sumergir la placa dentro de la muestra y levantar hasta que se rompa una capa del líquido

- Registrar la lectura del dinamómetro.(F)
- Repetir la lectura dos veces más
- Calcular el valor de la tensión superficial con la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{F - F_0}{\text{perímetro}}$$



3.4.8 Determinación de la capacidad antioxidante del tomate de árbol

La determinación de la capacidad antioxidante se realizará utilizando el método del radical catión $\text{ABTS}^{\bullet+}$ (Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico).

3.4.8.1 Instrumental

- Balanza analítica Mettler AC $\pm 0,0001$ g
- Espectrofotómetro UV- Visible (GENESYS 10 UV)
- Agitador mecánico
- Micropipeta y puntas de 100 μ L
- Espectrofotómetro UV- Visible (GENESYS 10 UV)
- Balones aforados de 500 mL
- Balones aforados de 100 mL
- Pipetas volumétricas de 5 mL
- Embudos para filtración
- Vasos de precipitación de 50 mL
- Cronómetro
- Papel filtro



Figura 3.12 Materiales para la determinación de la capacidad antioxidante

3.4.8.2 Reactivos

- ABTS (ácido 2,2' -azino-bis (3-etilbenzoatiazolin)-6-sulfónico)
- Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico)
- Ácido ascórbico
- Persulfato de potasio
- Etanol 96%

3.4.8.3 Extracción compuestos actividad antioxidante

- Pesar 20 g de jugo de tomate de árbol y trasvasarlo a un matraz aforado de 100 mL previamente cubierto para evitar la acción de la luz.
- Añadir etanol hasta la línea de aforo y cerrar herméticamente.
- Mantener en agitación a 20°C por dos horas y luego filtrar.

3.4.8.4 Medición de la capacidad antioxidante por el método del ABTS

- Obtener el radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ tras la reacción de ABTS (7mM) con persulfato potásico (2,45mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) y en la oscuridad durante 16 horas. El ABTS y el persulfato de potasio reaccionan en una proporción 2:1
- Una vez obtenido el radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$, diluir con etanol hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre $0,7 \pm 0,1$ a una longitud de onda de 754 nm. Esto se logra al diluir 5mL de la solución de $\text{ABTS}^{\bullet+}$ a 500mL.
- A 5,0 mL de la dilución del radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ se le determina la absorbancia a 754 nm, luego se añade 100 uL de la muestra y se mide nuevamente la absorbancia a 1 minuto y a los 7 minutos de manera que se produzca una inhibición del 20 al 80% en comparación con la absorbancia del blanco.
- Realizar una curva de calibración con el antioxidante sintético de referencia Trolox, el cual se ensaya a una concentración de 0-750 uM en etanol. Lo anterior se hace también con el ácido ascórbico (0-150 ppm).
- Los resultados se expresan en TEAC (actividad antioxidante equivalente a Trolox) y en VCEAC (actividad antioxidante equivalente a vitamina C), en este último caso por tratarse de alimentos.

3.4.9 Determinación del color

La medición del color de los jugos de tomate de árbol se realiza usando una escala de colores. Esta consiste en una escala construida basándose en un atlas de colores electrónico del software Corel Draw. La escala abarca los tonos e intensidades posibles en las muestras a evaluar, colocados en orden creciente de intensidad, asignándole valores numéricos a cada punto de la escala. Las muestras se comparan visualmente con dicha escala y se les asigna el número correspondiente según ella. La escala de colores se presenta en el anexo 1.

3.4.10 Análisis sensorial

Se utilizó una escala hedónica de siete puntos con un panel de 20 jueces semientrenados para determinar cuál de los jugos es el más agradable para los consumidores. El test dado a los jueces presenta una descripción verbal de la sensación al momento de probar las muestras. El formato de cuestionario para la prueba hedónica se presenta en el anexo 2.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e interpretación de resultados

4.1.1 Determinación del tamaño del tomate de árbol

En la investigación se trabajó con tomate criollo puntón y tomate rojo con las siguientes características:

Tabla 4.1 Resultados de la determinación del tamaño del tomate de árbol

| Variedad de tomate de árbol | Diámetro promedio, mm | Longitud promedio, mm | Masa promedio, g |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Criollo Puntón | $56,0 \pm 0,8$ | $75,3 \pm 1,3$ | $124,9 \pm 0,5$ |
| Rojo | $56,2 \pm 0,8$ | $75,7 \pm 0,9$ | $124,7 \pm 0,6$ |

Por lo que de acuerdo a la tabla 4.1 se trabajó con tomate de árbol criollo puntón y tomate rojo de tamaño grande según la norma INEN 1 909:2009, ya que el diámetro, la longitud y la masa son mayores a 55mm, 70 mm y 120 g respectivamente.

4.1.2 Determinación del contenido de pulpa

Para la determinación del contenido de pulpa se obtuvieron los siguientes resultados en promedio.

Tabla 4.2 Resultados de la determinación del porcentaje de pulpa del tomate de árbol

| Variedad de tomate de árbol | Masa tomate árbol, g | Masa pulpa, g | % Pulpa |
|-----------------------------|----------------------|----------------|----------------|
| Criollo Puntón | $124,6 \pm 0,4$ | $68,2 \pm 2,3$ | $54,7 \pm 1,8$ |
| Rojo | $124,9 \pm 0,6$ | $69,1 \pm 1,0$ | $55,3 \pm 0,7$ |

Por lo que los frutos no cumplen con los requisitos fisicoquímicos establecidos en la norma INEN 1909:2009, que indica que los tomates de árbol deben tener un porcentaje mínimo de pulpa del 70%.

Esto se puede atribuir al grado de madurez de la fruta y a las pérdidas de agua durante la extracción de la pulpa que en este caso fue manual.

4.1.3 Determinación de la madurez del tomate de árbol

Al comparar el color de los frutos de la variedad criolla y roja con la escala de madurez de la figura 3.5 se observó que se parecen más al color número 3, por lo que se trabajó con tomate de árbol pintón según la norma INEN 1909:2009.

Además se realizó la determinación del índice de madurez del tomate de árbol, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4.3 Resultados de la determinación del índice de madurez del tomate de árbol

| Variedad de tomate de árbol | ° Brix | % Acidez titulable (ácido cítrico) | Índice de madurez |
|------------------------------------|---------------|---|--------------------------|
| Criollo Puntón | 11,1 ± 0,2 | 1,75 ± 0,01 | 6,34 ± 0,14 |
| Rojo | 9,9 ± 0,3 | 1,83 ± 0,01 | 5,43 ± 0,11 |

Se observa que tanto la variedad de tomate criollo puntón como el tomate rojo cumplen con los requisitos establecidos por la norma INEN 1909:2009 que establece una acidez titulable máxima de 2,00%; unos °Brix mínimo de 8,5 y un índice de madurez mínimo de 4,50.

4.1.4 Determinación del pH de los jugos de tomate de árbol

Los resultados de los valores de pH de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 3. La tabla 4.4 indica las medias de los valores de pH y la figura 4.1 muestra la variación del pH de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

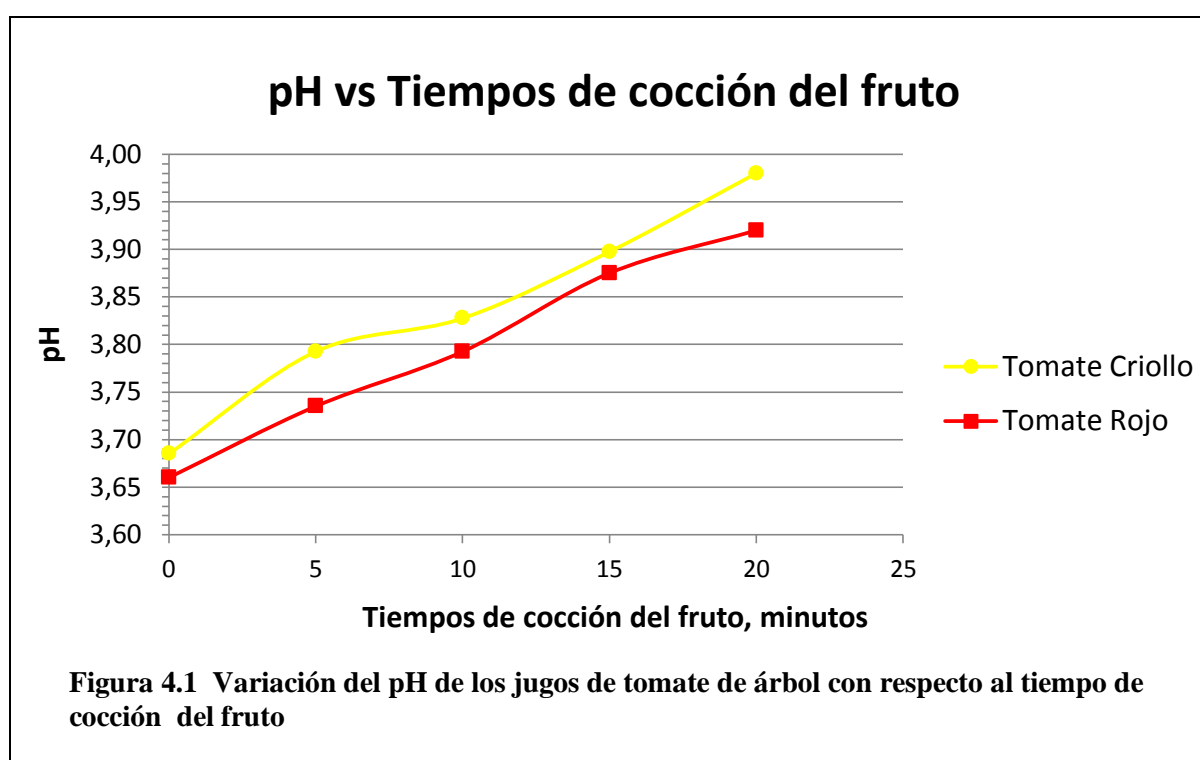
En general la relación es directa, ya que a mayores tiempos de cocción del fruto se observa un incremento en los valores de pH de los jugos de tomate de árbol. Esto se atribuye a la pérdida de ácido cítrico por extracción en el agua de cocción del fruto. También se produce una pérdida de vitamina C por su degradación a causa de la temperatura y por extracción en el agua de cocción por ser una vitamina hidrosoluble.

Además se observa que los valores de pH de los jugos elaborados con tomates criollos puntones son superiores a los elaborados con tomates de árbol rojos. Esto se atribuye principalmente al grado de madurez de los frutos, y a que los tomates rojos tienen un mayor contenido de ácido cítrico en su composición. (Brito, 2008)

En cualquiera de los casos, el pH es ácido (valores inferiores a 4,5), en el cual los alimentos no son alterados fácilmente por las bacterias, siendo más sensibles a la alteración por levaduras y mohos. (Casp, 2003).

Tabla 4.4 Valores promedio del pH de los jugos de tomate de árbol

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} pH |
|---------|-----------------------------|-------------------|--------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 3,69 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 3,79 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 3,83 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 3,90 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 3,98 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 3,66 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 3,74 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 3,79 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 3,88 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 3,92 |



Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de pH, la tabla 4.5 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.5 Análisis de varianza de los valores de pH

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 0,015603 | 0,0156025 | 15,01* | 0,001* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 0,370165 | 0,0925412 | 89,05* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 0,003135 | 0,0007838 | 0,75 ^{ns} | 0,563 ^{ns} | 2,69 |
| Error | 30 | 0,031175 | 0,0010392 | | | |
| Total | 39 | 0,420077 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol y de los tiempos de cocción son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de pH. Además se observa que el valor p de la interacción (AxB) es mayor a 0,05 por lo que no existe una influencia significativa de ésta en el valor de pH de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=0,08$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.6

Tabla 4.6 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} pH | Rango Tukey |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 3,98 | A |
| A2B5 | Rojo | 20 | 3,92 | A B |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 3,90 | A B C |
| A2B4 | Rojo | 15 | 3,88 | B C |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 3,83 | C D |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 3,79 | D E |
| A2B3 | Rojo | 10 | 3,79 | D E |
| A2B2 | Rojo | 5 | 3,74 | E F |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 3,69 | F |
| A2B1 | Rojo | 0 | 3,66 | F |

Se observa que las muestras A1B4 y A1B5 que corresponden a los jugos de tomate criollo puntón elaborados con el fruto sometido a 15 y 20 minutos de cocción respectivamente y la muestra A2B5 que corresponde al jugo de tomate rojo elaborado con el fruto sometido a 20 minutos de cocción

son las que presentan el mayor valor de pH; mientras que las muestras A1B1 y A2B1 que son las muestras de los jugos de tomate criollo puntón y tomate rojo elaborados sin someter al fruto a cocción y la muestra A2B2 que corresponde al jugo de tomate rojo elaborado con el fruto sometido a 5 minutos de cocción son las que presentan el valor más bajo de pH.

4.1.5 Determinación de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol

Los resultados de los valores de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 4.

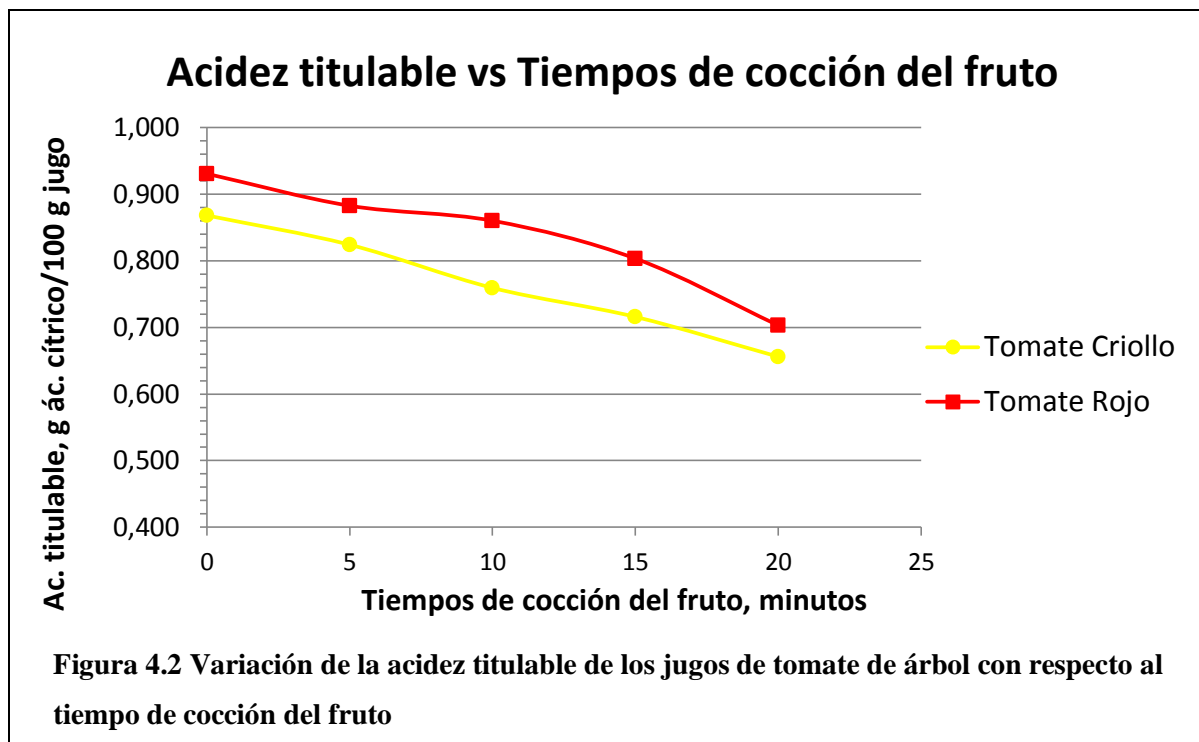
La tabla 4.7 indica las medias de los valores de la acidez titulable y la figura 4.2 muestra la variación de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

En general la relación es inversa, ya que a mayores tiempos de cocción del fruto se observa una disminución en los valores de la acidez titulable. Esto se atribuye a la pérdida de ácido cítrico por extracción en el agua de cocción del fruto.

Se observa que los jugos elaborados con tomates rojos tienen valores superiores de acidez titulable comparados con los jugos preparados con tomates criollos puntones. Esto se atribuye principalmente al mayor contenido de ácido cítrico que tienen los tomates rojos.

Tabla 4.7 Valores promedio de la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} acidez titulable , g ácido cítrico/100 g jugo |
|---------|-----------------------------|-------------------|---|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 0,868 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 0,824 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 0,759 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 0,716 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 0,656 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 0,931 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 0,883 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 0,860 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 0,803 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 0,703 |



Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de la acidez titulable, la tabla 4.8 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.8 Análisis de varianza de los valores de la acidez titulable

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------|-----------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 0,050766 | 0,0507656 | 204,86* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 0,231512 | 0,0578780 | 233,56* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 0,003923 | 0,0009808 | 3,96* | 0,011* | 2,69 |
| Error | 30 | 0,007434 | 0,0002478 | | | |
| Total | 39 | 0,293635 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol, de los tiempos de cocción y de la interacción (AxB) son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de la acidez titulable.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=0,038$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.9

Tabla 4.9 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} acidez titulable, g ac. cítrico/100 g jugo | Rango Tukey |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|--|-------------|
| A2B1 | Rojo | 0 | 0,931 | A |
| A2B2 | Rojo | 5 | 0,883 | B |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 0,868 | B |
| A2B3 | Rojo | 10 | 0,860 | B C |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 0,824 | C D |
| A2B4 | Rojo | 15 | 0,803 | D |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 0,759 | E |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 0,716 | F |
| A2B5 | Rojo | 20 | 0,703 | F |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 0,656 | G |

Se observa que la muestra A2B1 que corresponde al jugo elaborado con tomate rojo sin someterlo a cocción es la que presenta el mayor valor de acidez titulable; mientras que la muestra A1B5 que corresponde al jugo elaborado con tomate criollo y sometido a 20 minutos de cocción es la que presenta el valor más bajo de acidez titulable.

4.1.6 Determinación de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol

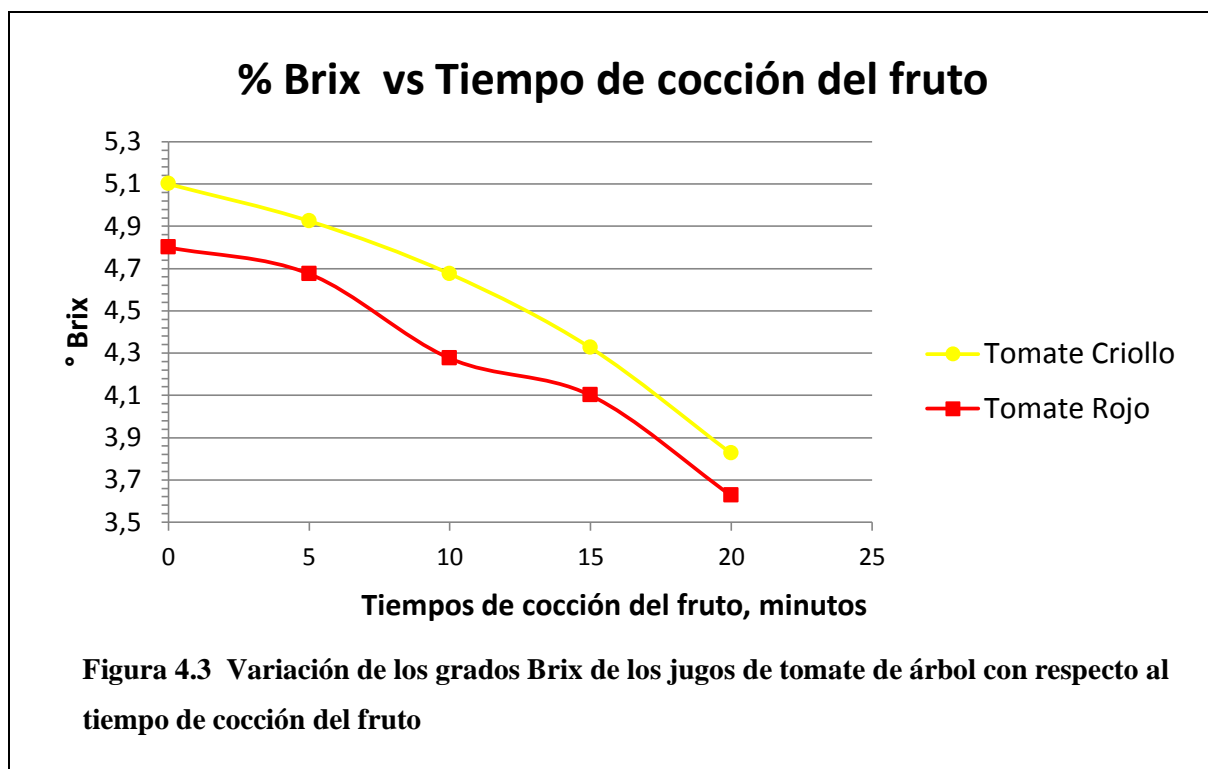
Los resultados de los valores de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 5.

La tabla 4.10 indica las medias de los valores de ° Brix y la figura 4.3 muestra la variación de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

En general la relación es inversa, ya que a mayores tiempos de cocción del fruto se observa una disminución en los valores de los grados Brix. Esto se atribuye a la pérdida de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) por extracción en el agua de cocción del fruto. Cabe señalar que la sacarosa al ser sometida a altas temperaturas en un pH ácido sufre una hidrólisis, dando como resultado la formación de glucosa y fructosa (Valdés, 2006). Esta mezcla de azúcares se conoce como azúcar invertido y es un 27% más dulce que la sacarosa, por lo que se esperaría un aumento de dulzura; pero por efecto de la extracción de los azúcares en el agua de cocción se observa una disminución de los grados Brix.

Tabla 4.10 Valores promedio de los grados Brix de los jugos de tomate de árbol

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} ° Brix |
|---------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 5,1 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 4,9 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 4,7 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 4,3 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 3,8 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 4,8 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 4,7 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 4,3 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 4,1 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 3,6 |



Se observa que los valores de grados Brix de los jugos preparados con tomates criollos puntones son superiores a los valores de los jugos preparados con tomates rojos. Esto se atribuye al grado de madurez de los frutos, ya que se observó anteriormente que los jugos preparados con tomates

criollos presentaron una menor acidez titulable y por lo tanto poseen una mayor cantidad de azúcares.

Tanto en los jugos preparados con tomates criollos y rojos, se observa que a los 20 minutos de cocción del fruto se produce una disminución mayor de los grados Brix. Esto se atribuye a mayores pérdidas de azúcares como consecuencia de la ruptura del fruto al someterlo a ese tiempo de cocción.

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de grados Brix, la tabla 4.11 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.11 Análisis de varianza de los valores de los grados Brix

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 0,75625 | 0,75625 | 72,60* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 7,62900 | 1,907258 | 183,10* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 0,05000 | 0,01250 | 1,20 ^{ns} | 0,331 ^{ns} | 2,69 |
| Error | 30 | 0,31250 | 0,01042 | | | |
| Total | 39 | 8,74775 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol y de los tiempos de cocción son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de ° Brix. Además se observa que el valor p de la interacción (AxB) es mayor a 0,05 por lo que no existe una influencia significativa de ésta en el valor de ° Brix de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=0,2$) cuyos resultados se observan en la Tabla 4.12

Se observa que las muestras A1B1 y A1B2 que corresponden a los jugos de tomate criollo puntón elaborados con el fruto sin cocción y sometido a 5 minutos de cocción respectivamente, son las que presentan los valores más altos de grados Brix; mientras que las muestras A1B5 y A2B5 que corresponden a los jugos de tomate criollo puntón y tomate rojo preparados con el fruto sometidos a 20 minutos de cocción, son las que presentan los valores más bajos de grados Brix.

Tabla 4.12 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} ° Brix | Rango Tukey | |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|-------------|---|
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 5,1 | A | |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 4,9 | A | B |
| A2B1 | Rojo | 0 | 4,8 | | B |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 4,7 | | B |
| A2B2 | Rojo | 5 | 4,7 | | B |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 4,3 | | C |
| A2B3 | Rojo | 10 | 4,3 | | C |
| A2B4 | Rojo | 15 | 4,1 | | C |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 3,8 | | D |
| A2B5 | Rojo | 20 | 3,6 | | D |

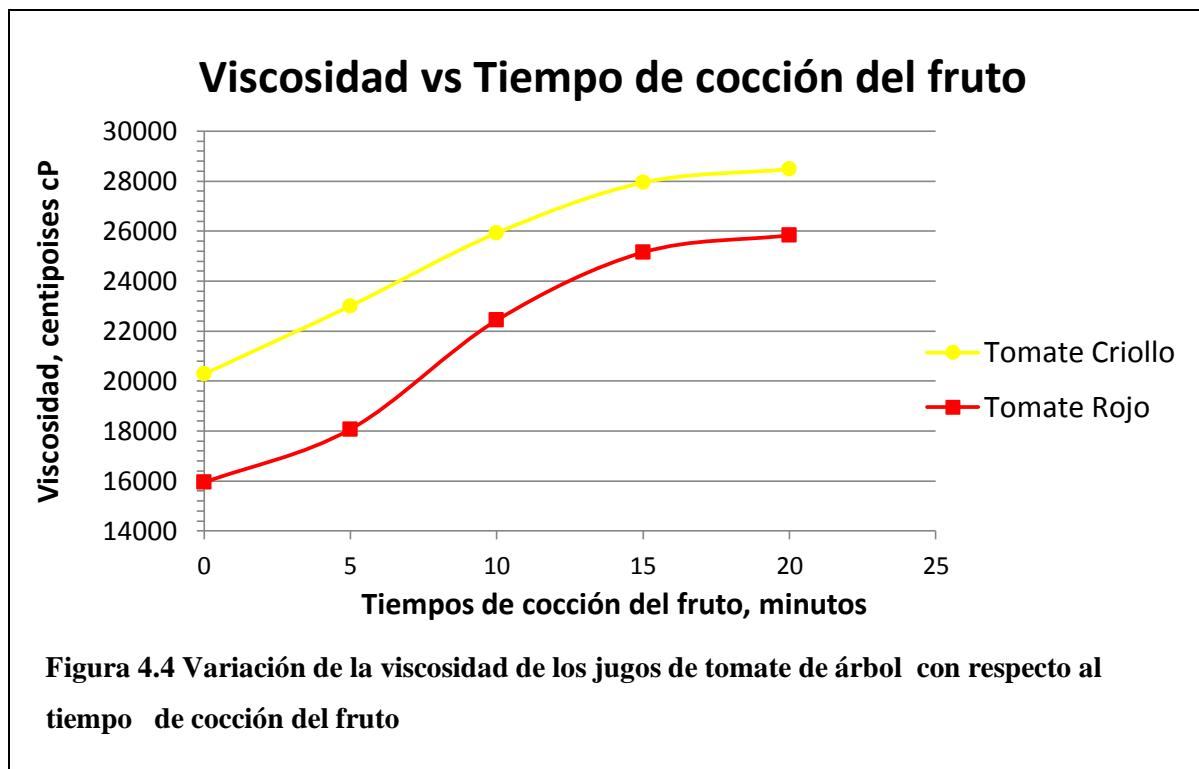
4.1.7 Determinación de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol.

Los resultados de los valores de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 6.

La tabla 4.13 indica las medias de los valores de viscosidad y el gráfico 4.4 muestra la variación de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

Tabla 4.13 Valores promedio de la viscosidad de los jugos de tomate de árbol a 20°C

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} viscosidad, cP |
|---------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 20279 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 23007 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 25924 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 27943 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 28481 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 15943 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 18070 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 22433 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 25151 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 25835 |



En general la relación es directa, ya que a mayores tiempos de cocción del fruto se observa un incremento en los valores de la viscosidad. Esto se atribuye principalmente a que por acción de la temperatura se produce la hidrólisis de las paredes celulares y la gelificación de las pectinas que el tomate de árbol posee en grandes cantidades.

En los vegetales las pectinas están ligadas frecuentemente a la celulosa, especialmente en las paredes celulares, bajo la forma de un compuesto insoluble en agua llamado protopectina; muchas veces basta un breve calentamiento en medio ácido para liberar la pectina que es soluble en agua. (Primo Yúfera, 1998)

Con la cocción se da la inactivación de las enzimas pectolíticas y se evita la degradación de la pectina. La pectina en solución contribuye a mantener en suspensión las partículas finas de pulpa que le dan turbidez y le confieren viscosidad a los jugos de tomate de árbol. La pectina es un coloide hidrófilo que favorece la retención de agua y tiene una función de ligazón entre diversos ingredientes.

Además por efecto de la temperatura se produce la eliminación de los gases respiratorios producto del metabolismo celular como el anhídrido carbónico y anhídrido sulfuroso, con lo que se eliminan los espacios intercelulares y se logra incrementar la densidad y por consiguiente la viscosidad de los jugos de tomate de árbol.

Además, debido a la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa por efecto del calor, se incrementa el número total de moléculas que ligan agua y en consecuencia se beneficia el proceso de la formación de un gel con lo que se incrementa la viscosidad. (Coulter, 2001)

Se observa también que los valores de viscosidad de los jugos elaborados con tomates criollos son superiores a los valores de viscosidad de los jugos preparados con tomates rojos. Esto se atribuye al grado de madurez de los frutos, ya que la maduración es un proceso que está relacionado con un conjunto de transformaciones pécicas lo que influye considerablemente en la viscosidad de los jugos de tomate de árbol.

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de viscosidad, la tabla 4.14 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.14 Análisis de varianza de los valores de la viscosidad

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------|-----------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 132532403 | 132532403 | 533,99* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 486008949 | 121502237 | 489,55* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 7795421 | 1948855 | 7,85* | 0,000* | 2,69 |
| Error | 30 | 7445796 | 248193 | | | |
| Total | 39 | 633782568 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol, de los tiempos de cocción y de la interacción (AxB) son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estos factores en los valores de la viscosidad.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=1203$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.15

Se observa que las muestras A1B4 y A1B5 que corresponden a los jugos de tomate criollo puntón elaborados con el fruto sometido a 15 y 20 minutos de cocción respectivamente, son las que presentan los valores más altos de viscosidad; en cambio la muestra A2B1 elaborada con tomate rojo sin cocción es la que presenta el valor más bajo de viscosidad.

Tabla 4.15 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} viscosidad, cP | Rango Tukey |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 28481 | A |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 27943 | A |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 25924 | B |
| A2B5 | Rojo | 20 | 25835 | B |
| A2B4 | Rojo | 15 | 25151 | B |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 23007 | C |
| A2B3 | Rojo | 10 | 22433 | C |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 20279 | D |
| A2B2 | Rojo | 5 | 18070 | E |
| A2B1 | Rojo | 0 | 15943 | F |

4.1.8 Determinación de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol

Los resultados de los valores de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 7.

La tabla 4.16 indica las medias de los valores de la tensión superficial y la figura 4.5 muestra la variación de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

En general la relación es directa, ya que a mayores tiempos de cocción del fruto se observa un incremento en los valores de la tensión superficial. Esto se atribuye al incremento de la densidad de los jugos, debido a la eliminación de los gases respiratorios producto del metabolismo celular por efecto de la cocción del fruto.

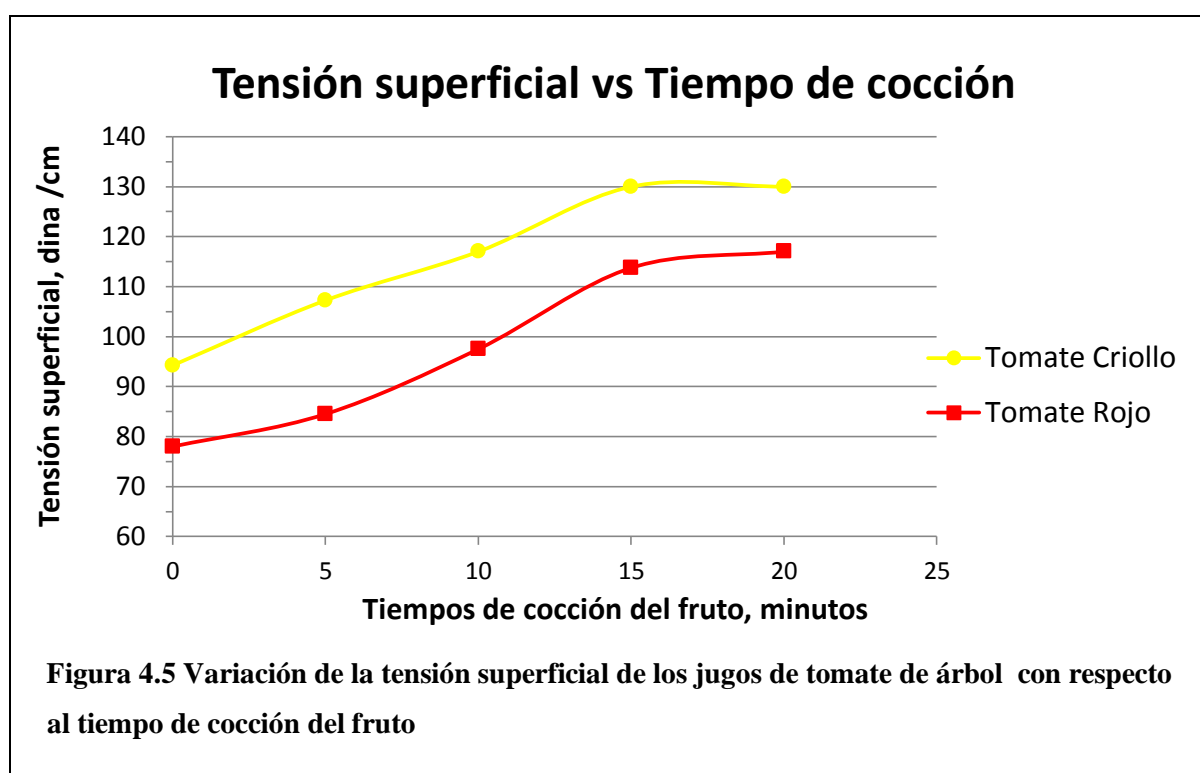
Al incrementarse la densidad del jugo se incrementa su tensión superficial, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{r h \rho g}{2 \cos \theta}$$

La ecuación anterior sirve para determinar la tensión superficial por el método del ascenso capilar, en donde se observa que la tensión superficial (γ) es directamente proporcional a la densidad (ρ). (Chang, 2000)

Tabla 4.16 Valores promedio de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol a 20°C

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} tensión superficial, dina cm ⁻¹ |
|---------|-----------------------------|-------------------|--|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 94 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 107 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 117 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 130 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 130 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 78 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 85 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 98 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 114 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 117 |



El incremento de la tensión superficial tiene un efecto beneficioso ya que produce que las espumas sean inestables o difíciles de crearse.

Se observa que los valores de la tensión superficial de los jugos preparados con tomates criollos son superiores a los valores de la tensión superficial de los jugos preparados con tomates rojos. Se

efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de tensión superficial, la tabla 4.17 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.17 Análisis de varianza de los valores de la tensión superficial

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 3080,0 | 3080,02 | 128,65* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 8424,6 | 2106,16 | 87,97* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 109,8 | 27,46 | 1,15 ^{ns} | 0,354 ^{ns} | 2,69 |
| Error | 30 | 718,3 | 23,94 | | | |
| Total | 39 | 12332,8 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol y de los tiempos de cocción son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de la tensión superficial. Además se observa que el valor p de la interacción (AxB) es mayor a 0,05 por lo que no existe una influencia significativa de ésta en el valor de la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=12$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.18

Tabla 4.18 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} tens. superficial dina cm ⁻¹ | Rango Tukey | | |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|---|-------------|---|-----|
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 130 | A | | |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 130 | A | | |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 117 | B | | |
| A2B5 | Rojo | 20 | 117 | B | | |
| A2B4 | Rojo | 15 | 114 | B | | |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 107 | B | C | |
| A2B3 | Rojo | 10 | 98 | | C | D |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 94 | | | D E |
| A2B2 | Rojo | 5 | 85 | | | E F |
| A2B1 | Rojo | 0 | 78 | | | F |

Se observa que las muestras A1B4 y A1B5 que corresponden a los jugos elaborados con tomate de árbol criollo puntón sometidos a 15 y 20 minutos de cocción respectivamente, son las que presentan los valores más altos de tensión superficial. Por otra parte la muestras A2B1 y A2B2 que corresponden a los jugos de tomate rojo preparados con el fruto sin cocción y sometido a 5 minutos de cocción respectivamente, son las que presentan los valores más bajos de tensión superficial

4.1.9 Determinación de la capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico

Los resultados de los valores de la capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 8.

La tabla 4.19 indica las medias de los valores de la capacidad antioxidante y la figura 4.6 muestra la variación de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

Para los jugos preparados con tomates criollos se observa un incremento de la capacidad antioxidante hasta los 15 minutos de cocción del fruto. Esto se atribuye principalmente a las reacciones de Maillard que producen la aparición de melanoidinas que poseen propiedades antioxidantes. Las melanoidinas actúan básicamente como quelantes y eliminadores de oxígeno, radicales peróxidos e hidroxilos (Valdés, 2006).

Tabla 4.19 Valores promedio de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol expresada como ácido ascórbico

| Muestra | Variedad de Tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} capacidad antioxidante, mg ácido ascórbico/100g jugo |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|--|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 28,1 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 45,2 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 56,4 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 59,3 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 46,9 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 65,7 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 98,1 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 109,4 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 104,7 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 87,9 |

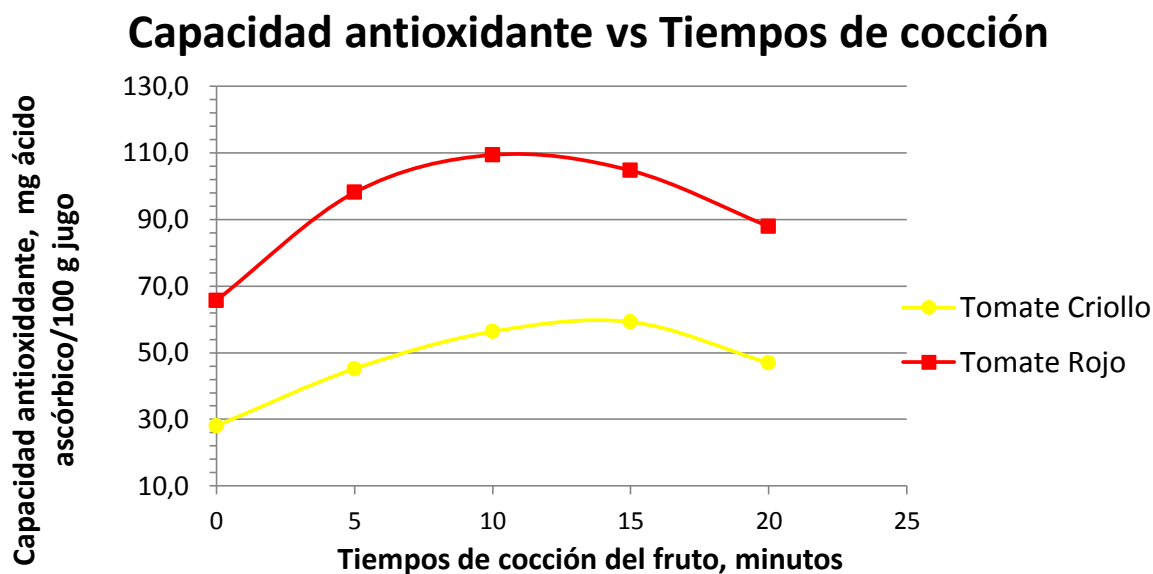


Figura 4.6 Variación de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol expresada como ácido ascórbico con respecto al tiempo de cocción del fruto

Además la degradación de la vitamina C por efecto de la temperatura también produce la aparición de melanoidinas. Solamente en el jugo preparado con el fruto sometido a 20 minutos de cocción se nota una disminución de la capacidad antioxidante. Esto se atribuye a la pérdida de antioxidantes por extracción en el agua de cocción debido a la ruptura del fruto.

Se observa que la capacidad antioxidante de los jugos preparados con tomates rojos es muy superior a la de los jugos preparados con tomates criollos. Esto se atribuye al alto contenido de antocianinas que estos poseen.

Para los jugos preparados con tomates rojos se observa un incremento de la capacidad antioxidante solamente hasta los 10 minutos de cocción del fruto y luego se observa un gran descenso en el poder antioxidante. Esto se atribuye a la pérdida de antocianinas debido a la extracción en el agua de cocción debido a que son hidrosolubles y a la degradación de las antocianinas debido al calor aplicado.

Las antocianinas también se ven afectadas por la presencia de azúcares reductores, sobre todo la fructosa que se forma debido a la hidrólisis de la sacarosa. Esto se relaciona con el hecho de que la fructosa en condiciones ácidas y altas temperaturas se descompone en hidroximetil-furfural y en furfural, y éstos son los que en realidad atacan a los pigmentos. A los 20 minutos de cocción del fruto se produce la ruptura del mismo por lo que también se produce una mayor pérdida de antioxidantes en el agua de cocción.

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de la capacidad antioxidante, la tabla 4.20 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.20 Análisis de varianza de los valores de la capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|---------|-----------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 21155,4 | 21155,4 | 623,20* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 6821,1 | 1705,3 | 50,23* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 383,3 | 95,8 | 2,82* | 0,042* | 2,69 |
| Error | 30 | 1018,4 | 33,9 | | | |
| Total | 39 | 29378,3 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol, de los tiempos de cocción y de la interacción (AxB) son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de la capacidad antioxidante.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=14,1$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.21

Tabla 4.21 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} capacidad antioxidante, mg ac. ascórbico/100 g jugo | Rango Tukey | |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|---|-------------|---|
| A2B3 | Rojo | 10 | 109,4 | A | |
| A2B4 | Rojo | 15 | 104,7 | A | |
| A2B2 | Rojo | 5 | 98,1 | A | B |
| A2B5 | Rojo | 20 | 87,9 | | B |
| A2B1 | Rojo | 0 | 65,7 | | C |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 59,3 | | C |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 56,4 | C | D |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 46,9 | | D |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 45,2 | | D |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 28,1 | | E |

Se observa que las muestras A2B2, A2B3 y A2B4 que corresponden a los jugos elaborados con los frutos de tomates rojos sometidos a 5, 10 y 15 minutos de cocción respectivamente, son las que poseen la mayor capacidad antioxidante. Por otro lado la muestra A1B1 que corresponde al jugo de tomate criollo puntón sin someter el fruto a cocción es la que presenta la menor capacidad antioxidante.

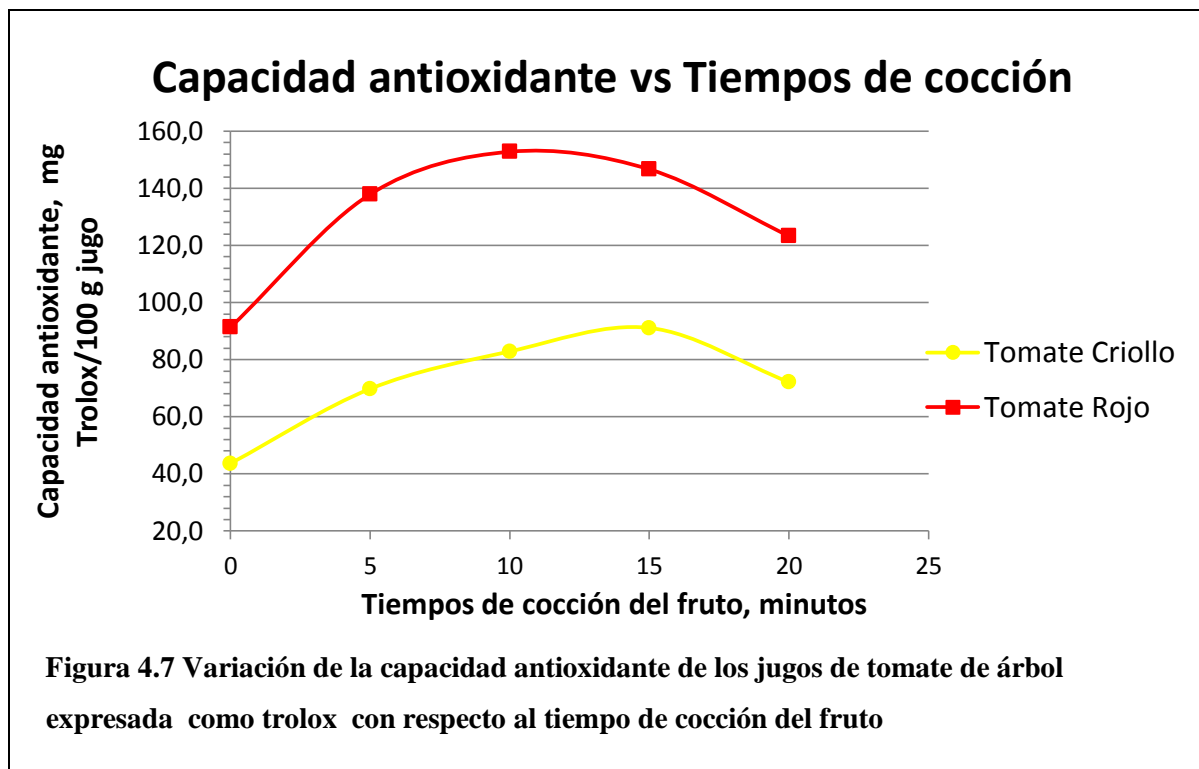
4.1.10 Determinación de la capacidad antioxidante expresada como trolox

Los resultados de los valores de la capacidad antioxidante expresada como trolox de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 9. La tabla 4.22 indica las medias de los valores de la capacidad antioxidante y el gráfico 4.7 muestra la variación de la capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

Se observa una tendencia igual que la capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico. Para los jugos preparados con tomates criollos se observa un incremento de la capacidad antioxidante hasta los 15 minutos de cocción del fruto. Esto se atribuye a la aparición de melanoidinas que tienen propiedades antioxidantes debido a las reacciones de Maillard y la degradación de la vitamina C por efecto de la temperatura. Solamente en el jugo preparado con el fruto sometido a 20 minutos de cocción se nota una disminución de la capacidad antioxidante. Esto se atribuye a la pérdida de antioxidantes por extracción en el agua de cocción debido a la ruptura del fruto.

Tabla 4.22 Valores promedio de la capacidad antioxidante expresada como trolox

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} capacidad antioxidante, mg trolox/100g jugo |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|---|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 43,7 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 69,8 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 82,9 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 91,1 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 72,2 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 91,4 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 137,9 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 152,8 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 146,7 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 123,3 |



Para los jugos preparados con tomates rojos se observa un incremento de la capacidad antioxidante solamente hasta los 10 minutos de cocción del fruto y luego se observa un gran descenso en el poder antioxidante. Esto se atribuye a la pérdida de antocianinas debido a la extracción en el agua de cocción debido a que son hidrosolubles y a la degradación de las antocianinas debido al calor aplicado.

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de la capacidad antioxidante, la tabla 4.23 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.23 Análisis de varianza de los valores de la capacidad antioxidante expresada como trolox

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 34199,1 | 34199,1 | 403,81* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 13948,2 | 3487,1 | 41,17* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 806,4 | 201,6 | 2,38 ^{ns} | 0,074 ^{ns} | 2,69 |
| Error | 30 | 2540,8 | 84,7 | | | |
| Total | 39 | 51494,5 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol y de los tiempos de cocción son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de la capacidad antioxidante expresada como trolox. Por otro lado el valor p de la interacción (AxB) es mayor a 0,05 por lo que no existe una influencia de ésta en el valor de la capacidad antioxidante.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=22,2$) cuyos resultados se observan en la Tabla 4.24

Se observa que las muestras A2B2, A2B3 y A2B4 que corresponden a los jugos elaborados con los frutos de tomates rojos sometidos a 5, 10 y 15 minutos de cocción respectivamente, son las que presentan la mayor capacidad antioxidante. Por otro lado la muestra A1B1 que corresponde al jugo de tomate criollo puntón elaborado sin someter el fruto a cocción es la que presenta la menor capacidad antioxidante.

Tabla 4.24 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} capacidad antioxidante, mg trolox/100 g jugo | Rango Tukey |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|--|-------------|
| A2B3 | Rojo | 10 | 152,8 | A |
| A2B4 | Rojo | 15 | 146,7 | A |
| A2B2 | Rojo | 5 | 137,9 | A B |
| A2B5 | Rojo | 20 | 123,3 | B |
| A2B1 | Rojo | 0 | 91,4 | C |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 91,1 | C |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 82,9 | C |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 72,2 | C |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 69,8 | C |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 43,7 | D |

4.1.11 Determinación del color de los jugos de tomate de árbol

Los resultados de los valores de color de los jugos de tomate de árbol se muestran en el anexo 10. La tabla 4.25 indica las medias de los valores del color y la figura 4.10 muestra la variación del color de los jugos de tomate de árbol con respecto al tiempo de cocción del fruto.

Se observa que para el tomate criollo puntón la relación es inversa, ya que a mayores tiempos de cocción del fruto, el color disminuye en la escala, es decir los jugos van tomando tonalidades amarillas más claras. Esto se atribuye a cambios químicos producidos en los carotenoides, debido a que por su estructura insaturada se ven afectados por las altas temperaturas, por ejemplo se produce

una isomerización y cambian su configuración trans a cis con lo que su color va perdiendo intensidad (Coultrate, 2001). Además se produce una degradación que produce la ruptura de las dobles ligaduras y su color característico desaparece (Guerrero, 2006).

Otra causa es que con la cocción del fruto, se evita una rápida oxidación del jugo, debido a la destrucción de ciertas enzimas lo que evita la aparición de tonalidades pardas. Además, las reacciones de Maillard producen múltiples compuestos como las melanoidinas coloreadas que van desde un amarillo claro hasta café oscuro que influyen en el color de los jugos (Valdés, 2006).

En los jugos elaborados con tomates rojos se observa un incremento en la escala de color hasta los 10 minutos de cocción, es decir el jugo va tomando tonalidades más rojizas. Esto se atribuye a que con la cocción se evita la oxidación del jugo y se evita la aparición de pigmentos pardos. Luego el color baja en la escala de colores, esto se atribuye a la degradación de las antocianinas por el calor y a la pérdida de las mismas por lixiviación en el agua de cocción por ser hidrosolubles. Además la oxidación del ácido ascórbico a dehidroascórbico en presencia de oxígeno por efecto de calor, produce peróxido de hidrógeno que oxida a las antocianinas y las transforma en malvonas incoloras (Coultrate, 2001).

Tabla 4.25 Valores promedio del color de los jugos de tomate de árbol

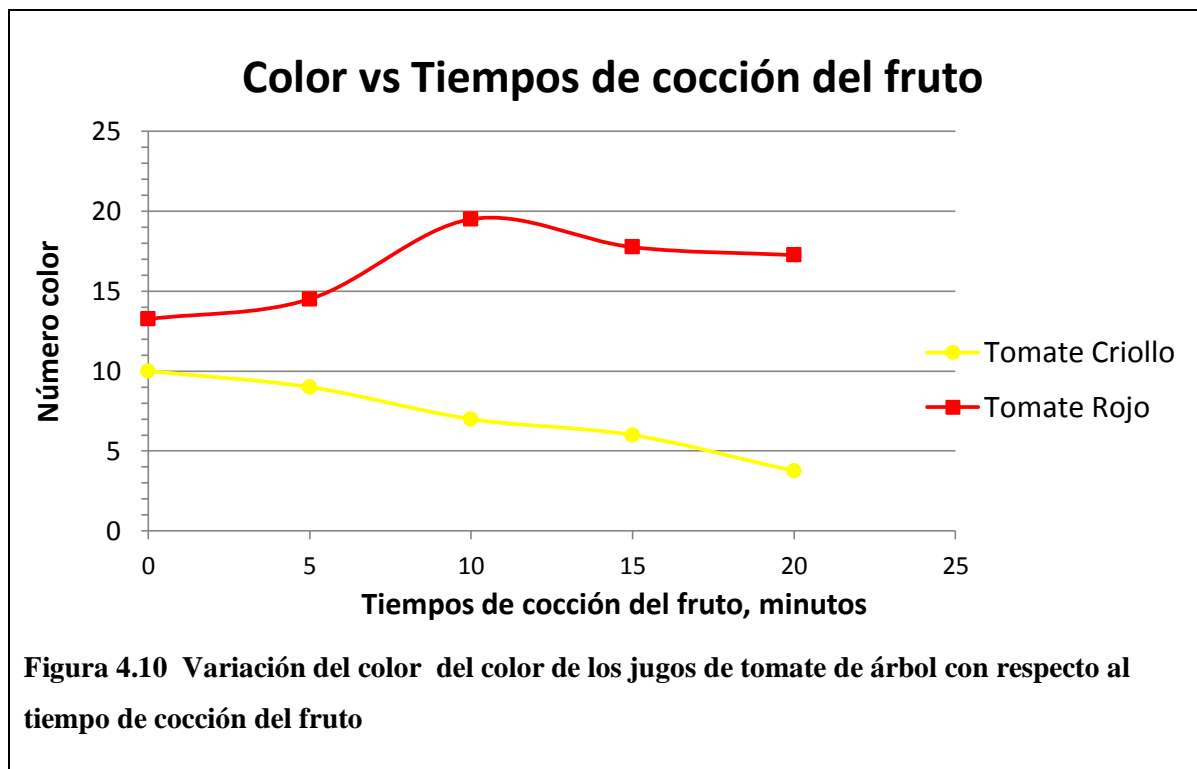
| Muestra | Variedad de Tomate de árbol | Tiempo de cocción | \bar{x} color |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 11 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 10 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 8 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 7 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 3 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 13 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 15 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 20 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 18 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 17 |



Figura 4.8 De izquierda a derecha los jugos de tomate de árbol criollo puntón preparados con los frutos sometidos de 0 a 20 minutos de cocción



Figura 4.9 De izquierda a derecha los jugos de tomate de árbol rojo preparados con los frutos sometidos de 0 a 20 minutos de cocción



Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los valores de color, la tabla 4.26 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.26 Análisis de varianza de los valores de color

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------|-----------------|-----------------|
| Variedad de tomate de árbol (A) | 1 | 864,90 | 864,90 | 1365,63* | 0,000* | 4,17 |
| Tiempos de cocción (B) | 4 | 30,65 | 7,662 | 12,10* | 0,000* | 2,69 |
| Interacción (AxB) | 4 | 169,85 | 42,462 | 67,05* | 0,000* | 2,69 |
| Error | 30 | 19,00 | 0,633 | | | |
| Total | 39 | 1084,40 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de las variedades de tomate de árbol, de los tiempos de cocción y de la interacción (AxB) son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en los valores de color de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=2$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.27

Tabla 4.27 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | \bar{x} Color | Rango Tukey |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| A2B3 | Rojo | 10 | 20 | A |
| A2B4 | Rojo | 15 | 18 | A B |
| A2B5 | Rojo | 20 | 17 | B C |
| A2B2 | Rojo | 5 | 15 | C D |
| A2B1 | Rojo | 0 | 13 | D E |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 11 | E F |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 10 | F G |
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 8 | G H |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 7 | H |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 3 | I |

Se observa que las muestras A2B3 y A2B4 que corresponde a los jugos de tomates rojos elaborados con los frutos sometidos a 10 y 15 minutos de cocción respectivamente, son las que presentan el mayor valor en la escala de colores, mientras que la muestra A1B5 que corresponde al jugo de tomate criollo preparado con el fruto sometido a 20 minutos de cocción es la que presenta el menor valor en la escala de colores.

4.1.12 Análisis sensorial de los jugos de tomate de árbol

Para el análisis sensorial de los jugos de tomate de árbol se realizaron pruebas hedónicas de siete puntos de sabor, color y olor. La tabla 4.28 muestra los valores de la escala verbal para la evaluación hedónica.

Tabla 4.28 Valores asignados para la escala hedónica

| ESCALA | VALOR |
|------------------------------|-------|
| Muy agradable | 3 |
| Agradable | 2 |
| Ligeramente agradable | 1 |
| Ni agradable ni desagradable | 0 |
| Ligeramente desagradable | -1 |
| Desagradable | -2 |
| Muy desagradable | -3 |

4.1.12.1 Evaluación hedónica del sabor

Los resultados de la evaluación hedónica del sabor se muestran en el anexo 11.

La tabla 4.29 indica las medias de los resultados de la evaluación hedónica del sabor.

Tabla 4.29 Valores promedio del resultado de la evaluación hedónica del sabor de los jugos de tomate de árbol

| Muestra | Variedad de Tomate de árbol | Tiempo de cocción | Promedio |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | -0,1 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 0,1 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 2,1 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 1,3 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 0,9 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | -0,1 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 0,9 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 1,6 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 1,6 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 0,7 |

Se observa que la muestra A1B3 que corresponde al jugo de tomate criollo puntón elaborado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción, es la que presenta el mayor grado de aceptabilidad por parte de los jueces. Mientras que las muestras A1B1 y A2B1 que corresponden a los jugos elaborados con tomates criollo puntón y rojo sin cocción del fruto, son las más desagradables para el panel de jueces.

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los resultados del sabor. La tabla 4.30 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.30 Análisis de varianza de los valores de la evaluación hedónica del sabor

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|----------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|----------|------------------------|------------------------|
| Jueces | 19 | 147,0 | 7,7368 | 4,73* | 0,000* | 1,99 |
| Muestras | 9 | 105,2 | 11,6889 | 7,14* | 0,000* | 1,99 |
| Error | 171 | 279,8 | 1,6363 | | | |
| Total | 199 | 532,0 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de los jueces y de las muestras son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en el sabor de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=1,3$) cuyos resultados se observan en la Tabla 4.31

Tabla 4.31 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | Promedio Sabor | Rango Tukey | | | |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-------------|---|---|---|
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 2,1 | A | | | |
| A2B3 | Rojo | 10 | 1,6 | A | B | | |
| A2B4 | Rojo | 15 | 1,6 | A | B | | |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 1,3 | A | B | C | |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 0,9 | A | B | C | D |
| A2B2 | Rojo | 5 | 0,9 | A | B | C | D |
| A2B5 | Rojo | 20 | 0,7 | | B | C | D |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 0,1 | | | C | D |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | -0,1 | | | | D |
| A2B1 | Rojo | 0 | -0,1 | | | | D |

Se observa que las muestras son muy parecidas estadísticamente. Por ejemplo las muestras A1B3, A2B3, A2B4, A1B4, A1B5 y A2B2 son las que presentan la mayor aceptabilidad en el sabor, mientras que las muestras A1B5, A2B2, A2B5, A1B2, A1B1 y A2B1 son las que presentan la menor aceptabilidad en el sabor por parte de los jueces.

4.1.12.2 Evaluación hedónica del color

Los resultados de la evaluación hedónica del color se muestran en el anexo 12.

La tabla 4.32 indica las medias de los resultados de la evaluación hedónica del color.

Se observa que la muestra A1B3 que corresponde al jugo de tomate criollo puntón elaborado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción, es la que presenta el mayor grado de aceptabilidad por parte de los jueces. Mientras que la muestra A1B1 que corresponde al jugo elaborado con tomate criollo puntón sin cocción del fruto, es la más desagradable para el panel de jueces.

Tabla 4.32 Valores promedio del resultado de la evaluación hedónica del color de los jugos de tomate de árbol

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | Promedio |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | -0,2 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 0,2 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 2,5 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 2,1 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 2,3 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 0,0 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 1,1 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 1,7 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 1,4 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 1,5 |

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los resultados del color. La tabla 4.33 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.33 Análisis de varianza de los valores de la evaluación hedónica del color

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|----------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|----------|------------------------|------------------------|
| Jueces | 19 | 83,42 | 4,3905 | 2,96* | 0,000* | 1,99 |
| Muestras | 9 | 164,42 | 18,2689 | 12,32* | 0,000* | 1,99 |
| Error | 171 | 253,58 | 1,4829 | | | |
| Total | 199 | 501,42 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de los jueces y de las muestras son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en el color de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=1,2$) cuyos resultados se observan en la Tabla 4.34

Tabla 4.34 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | Promedio Color | Rango Tukey |
|---------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 2,5 | A |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 2,3 | A B |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 2,1 | A B |
| A2B3 | Rojo | 10 | 1,7 | A B |
| A2B5 | Rojo | 20 | 1,5 | A B |
| A2B4 | Rojo | 15 | 1,4 | A B C |
| A2B2 | Rojo | 5 | 1,1 | B C D |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 0,2 | C D E |
| A2B1 | Rojo | 0 | 0,0 | D E |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | -0,2 | E |

Se observa que las muestras son muy parecidas estadísticamente. Por ejemplo las muestras A1B3, A1B5, A1B4, A2B3, A2B5 y A2B4 son las que presentan la mayor aceptabilidad en el color, mientras que las muestras A1B2, A2B1 y A1B1 son las que presentan la menor aceptabilidad en el color por parte de los jueces.

4.1.12.3 Evaluación hedónica del olor

Los resultados de la evaluación hedónica del olor se muestran en el anexo 13.

La tabla 4.35 indica las medias de los resultados de la evaluación hedónica del olor.

Se observa que la muestra A1B3 que corresponde al jugo de tomate criollo puntón elaborado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción y la muestra A2B4 que corresponde al jugo elaborado con tomate rojo y con el fruto sometido a 15 minutos de cocción, son las que presentan el mayor grado de aceptabilidad por parte de los jueces. Mientras que la muestra A1B2 que corresponde al jugo elaborado con tomate criollo puntón sometiendo el fruto a 5 minutos de cocción y la muestra A2B1 que corresponde al jugo elaborado con tomate rojo sin cocción del fruto son las más desagradables para el panel de jueces.

Tabla 4.35 Valores promedio del resultado de la evaluación hedónica del olor de los jugos de tomate de árbol

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción | Promedio |
|-------------|-----------------------------|------------------------|------------|
| A1B1 | A1(Criollo Puntón) | B1(0 minutos) | 0,8 |
| A1B2 | A1(Criollo Puntón) | B2(5 minutos) | 0,6 |
| A1B3 | A1(Criollo Puntón) | B3(10 minutos) | 2,0 |
| A1B4 | A1(Criollo Puntón) | B4(15 minutos) | 1,4 |
| A1B5 | A1(Criollo Puntón) | B5(20 minutos) | 1,7 |
| A2B1 | A2(Rojo) | B1(0 minutos) | 0,6 |
| A2B2 | A2(Rojo) | B2(5 minutos) | 1,3 |
| A2B3 | A2(Rojo) | B3(10 minutos) | 1,7 |
| A2B4 | A2(Rojo) | B4(15 minutos) | 2,0 |
| A2B5 | A2(Rojo) | B5(20 minutos) | 1,8 |

Se efectuó un análisis de varianza al 95% de confianza para los resultados del olor. La tabla 4.36 indica los resultados obtenidos.

Tabla 4.36 Análisis de varianza de los valores de la evaluación hedónica del olor

| Fuente de variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F | Probabilidad(p) | F tabulada 0,05 |
|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------|-----------------|-----------------|
| Jueces | 19 | 69,98 | 3,68316 | 3,22* | 0,000* | 1,99 |
| Muestras | 9 | 54,18 | 6,02000 | 5,27* | 0,000* | 1,99 |
| Error | 171 | 195,42 | 1,14281 | | | |
| Total | 199 | 319,58 | | | | |

Nota: ^{ns} no significativo, * significativo al 5%

Se observa que los valores p de los jueces y de las muestras son menores a $\alpha=0,05$ por lo que sí existe una influencia de estas fuentes de variación en el olor de los jugos de tomate de árbol.

Luego se realiza una comparación de rangos múltiples de Tukey ($T_{0,05}=1,1$) cuyos resultados se observan en la tabla 4.37

Tabla 4.37 Resultados prueba de Tukey al 95%

| Muestra | Variedad de tomate de árbol | Tiempo de cocción (minutos) | Promedio Olor | Rango Tukey | | |
|----------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------|---|---|
| A1B3 | Criollo puntón | 10 | 2,0 | A | | |
| A2B4 | Rojo | 15 | 2,0 | A | | |
| A2B5 | Rojo | 20 | 1,8 | A | B | |
| A1B5 | Criollo puntón | 20 | 1,7 | A | B | C |
| A2B3 | Rojo | 10 | 1,7 | A | B | C |
| A1B4 | Criollo puntón | 15 | 1,4 | A | B | C |
| A2B2 | Rojo | 5 | 1,3 | A | B | C |
| A1B1 | Criollo puntón | 0 | 0,8 | | B | C |
| A1B2 | Criollo puntón | 5 | 0,6 | | | C |
| A2B1 | Rojo | 0 | 0,6 | | | C |

Se observa que las muestras son muy parecidas estadísticamente. Por ejemplo las muestras A1B3, A2B4, A2B5, A1B5, A2B3, A1B4 y A2B2 son las que presentan la mayor aceptabilidad en el olor, mientras que las muestras A1B5, A2B3, A1B4, A2B2, A1B1, A1B2 y A2B1 son las que presentan la menor aceptabilidad en el olor por parte de los jueces.

4.1.13 Análisis nutricional del jugo de mayor preferencia

Del análisis sensorial se determinó que el jugo de mayor preferencia es el jugo de tomate de árbol criollo puntón preparado después de cocer el fruto a 10 minutos de cocción.

Se realizó un análisis nutricional de este jugo y también de un jugo preparado con tomate criollo puntón sin someter el fruto a un proceso de cocción.

Se observa que la humedad del jugo preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es ligeramente superior a la humedad del jugo preparado con el fruto sin cocción. Esto se puede atribuir a diferencias en los frutos con los que se prepararon los jugos y a un ligero ingreso de agua al fruto durante la cocción.

El contenido de proteínas del jugo preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es inferior al contenido de proteínas del jugo preparado con el fruto sin cocción. Esto se puede atribuir a la pérdida de proteínas por solubilización en el agua de cocción del fruto.

Tabla 4.38 Análisis nutricional del jugo de tomate de árbol criollo puntón preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción

| Parámetro | Jugo preparado con tomate criollo puntón sin cocción del fruto | Jugo preparado con tomate criollo puntón sometiendo el fruto a 10 minutos de cocción. |
|------------------|---|--|
| %Humedad | 93,85 | 93,95 |
| %Proteína | 1,20 | 1,13 |
| %Lípidos | 0,96 | 0,73 |
| %Carbohidratos | 4,57 | 4,43 |
| %Fibra | 0,58 | 0,25 |
| %Cenizas | 0,36 | 0,24 |

El contenido de lípidos del jugo preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es inferior al contenido de lípidos del jugo preparado con el fruto sin cocción. Esto se puede atribuir a la degradación de carotenoides por efecto del calor.

El contenido de carbohidratos del jugo preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es inferior al contenido de carbohidratos del jugo preparado con el fruto sin cocción. Esto se puede atribuir a la pérdida de azúcares en el agua de cocción del fruto.

El contenido de fibra del jugo preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es inferior al contenido de fibra del jugo preparado con el fruto sin cocción. Esto se puede atribuir a la degradación de la fibra por efecto de la temperatura.

El contenido de cenizas del jugo preparado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es inferior al contenido de cenizas del jugo preparado con el fruto sin cocción. Esto se puede atribuir a diferencias entre los frutos con los que se preparó los jugos y también a pérdidas de sales inorgánicas por lixiviación en el agua de cocción.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El porcentaje de pulpa obtenido mediante extracción manual de los tomates de árbol criollo puntón y tomate rojo no cumple con el porcentaje mínimo del 70% establecido en la norma INEN 1909:2009.
- Los frutos de los tomates de árbol criollo puntón y rojo con los que se trabajó (tamaño grande y con un estado de madurez pintones) sí cumplen con los requisitos fisicoquímicos establecidos en la norma INEN 1909:2009 que establece una acidez titulable máxima de 2,00%; unos grados Brix mínimo de 8,5 y un índice de madurez mínimo de 4,50.
- El pH de los jugos de tomate de árbol tiene una relación directa con los tiempos de cocción del fruto. El pH de los jugos de tomate de árbol criollo puntón es superior al pH de los jugos de tomate de árbol rojo.
- La acidez titulable de los jugos de tomate de árbol tiene una relación inversa con los tiempos de cocción del fruto. La acidez titulable de los jugos de tomate de árbol rojo es superior a la acidez titulable de los jugos de tomate de árbol criollo puntón.
- Los grados Brix de los jugos de tomate de árbol tienen una relación inversa con los tiempos de cocción del fruto. Los grados Brix de los jugos de tomate de árbol criollo puntón son superiores a los °Brix de los jugos de tomate de árbol rojo.
- La viscosidad de los jugos de tomate de árbol tiene una relación directa con los tiempos de cocción del fruto. La viscosidad de los jugos de tomate de árbol criollo puntón es superior a la viscosidad de los jugos de tomate de árbol rojo.
- La tensión superficial de los jugos de tomate de árbol tiene una relación directa con los tiempos de cocción del fruto. La tensión superficial de los jugos de tomate de árbol criollo puntón es superior a la tensión superficial de los jugos de tomate de árbol rojo.
- La capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol criollo puntón aumenta hasta los 15 minutos de cocción del fruto y luego disminuye.
- La capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol rojo es casi el doble que la de los jugos de tomate criollo puntón
- La capacidad antioxidante de los jugos de tomate de árbol rojo aumenta hasta los 10 minutos de cocción del fruto y luego disminuye.
- El color de los jugos de tomate de árbol criollo puntón va disminuyendo en la escala de colores a medida que aumentan los tiempos de cocción del fruto, es decir va tomando tonalidades amarillas más claras.

- El color de los jugos de tomate de árbol rojo hasta los 10 minutos de cocción del fruto va aumentando en la escala de colores, es decir va tomando tonalidades más rojizas. Luego a los 15 y 20 minutos de cocción del fruto el color disminuye en la escala de colores es decir va tomando tonalidades pardas.
- El jugo de tomate de árbol criollo puntón elaborado con el fruto sometido a 10 minutos de cocción es el que tiene el mayor grado de aceptabilidad por los jueces en las pruebas hedónicas de sabor, color y olor. En cambio los jugos de tomate criollo puntón y rojo sin someter el fruto a cocción son los que presentan el menor grado de aceptabilidad.
- La humedad del jugo preparado con tomate criollo puntón sometido a 10 minutos de cocción, es superior a la humedad del jugo preparado con el fruto de la misma variedad pero sin cocción.
- El contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra y cenizas del jugo preparado con tomate criollo puntón sometido a 10 minutos de cocción, es inferior al contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra y cenizas del jugo preparado con el fruto de la misma variedad pero sin cocción.

5.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio de las propiedades fisicoquímicas del jugo de tomate de árbol preparado a diferentes temperaturas de cocción del fruto.
- Realizar el estudio de las propiedades del agua de cocción del tomate de árbol.
- Determinar la capacidad antioxidante con otros métodos para determinar la actividad de los compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica de los jugos de tomate de árbol.
- Estudiar la cinética de inactivación de enzimas en los jugos de tomate de árbol preparados a diferentes tiempos de cocción del fruto.
- Realizar un estudio de las propiedades fisicoquímicas de los jugos de otras frutas sometidos a un proceso de cocción.

BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, G. (1992). Clasificación botánica. En G. Albornoz, *El tomate de árbol*(*Cyphomandra betacea sendt*) *en el Ecuador* (p. 11- 69). Quito: Indugraf.

Anzaldúa, A. (1988). Las propiedades sensoriales. En A. Anzaldúa, *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica* (p. 11- 28). Zaragoza: Acribia .

Badui, S. (2006). Vitaminas y nutrimentos inorgánicos. En S. Badui, *Química de los alimentos* (p.390). México: Pearson Educación.

Bohs, L. (1995). Transfer of *Cyphomandra* (Solanaceae) and Its Species to *Solanum*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2011, de International Association for Plant Taxonomy (IAPT): <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1223500?uid=2&uid=4&sid=21102251129517>

Brito, B. (2008). *Tomate de árbol (Solanum betaceum Cav). Características físicas y nutricionales de la fruta importantes en la investigación y desarrollo de pulpas y chips*. Quito: INIAP.

Brookfield Engineering Labs, I. (2003). *More Solutions to Sticky Problems*. Recuperado el 17 de 03 de 2011, de http://www.brookfieldengineering.com/download/download_form.asp?uid=&fid=15

Cantv, P. a. (20 de Junio de 2008). *El tomate de árbol, fruta tropical de grandes propiedades*. Recuperado el 20 de Abril de 2011, de http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&catid=61&Itemid=84&id

Casp, A. (2003). Fundamentos de los tratamientos térmicos. En A. Casp, *Procesos de conservación de alimentos* (p. 128-138). Madrid: Mundi-Prensa.

Castellan, G. (1998). Fenómenos superficiales. En G. Castellan, *Fisicoquímica* (p. 435). México: Pearson Educación.

Chang, R. (2000). El estado líquido. En R. Chang, *Fisicoquímica para las ciencias químicas y biológicas* (p. 863- 883). México: Mc Graw Hill.

Coultate, T. (2001). Pigmentos. En T. Colultate, *Manual de química y bioquímica de los alimentos* (p. 177- 200). Zaragoza: Acribia.

CustomLogistic. (2007). *Fruits and Products from Ecuador*. Recuperado el 11 de 05 de 2011, de <http://customlogistic.com.ec/fotos/tomate-de-arbol.jpg>

Davies, M. (1988). Vitamin E analogue Trolox C. Recuperado el 11 de Diciembre de 2011, de Biochemical Journal: <http://www.biochemj.org/bj/255/0513/2550513.pdf>

Gálvez, A. (2006). Proteínas. En S. Badui, *Química de los alimentos* (p. 119- 120). México: Pearson Educación.

Geilfus, F. (1994). Guía de especies. Recuperado el 15 de Septiembre de 2011, de El árbol al servicio del agricultor: <http://www.manioc.org/gsd/collect/recherch/import/tramil/arbolt2.pdf>

Guerrero, I. (2006). Pigmentos. En S. Badui, *Química de los Alimentos* (p. 401- 427). México: Pearson Educación.

Gutiérrez, H. (2003). Diseño factoriales. En H. Gutiérrez, *Análisis y diseño de experimentos* (p. 150-161). México: McGraw-Hill.

Harris, D. (2007). Equilibrio químico. En D. Harris, *Análisis químico cuantitativo* (p. 114). Barcelona: Reverté.

Kirk, R. (2005). Métodos químicos generales. En R. Kirk, *Composición y análisis de alimentos de Pearson* (p. 17 - 18). México: Continental.

Kuskoski, M. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutas. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de Food Science and Technology (Campinas): http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612005000400016&script=sci_arttext

López, J. (2008). Enfermedades por alimentación inadecuada. En J. López, *Nutrición y salud efectiva* (p. 216 - 217). México: Trillas.

Meyer, M. (2002). Evaluación organoléptica. En M. Meyer, *Control de calidad de productos agropecuarios* (p. 25 - 26). México: Trillas.

Morton, J. (1987). Tree Tomato. Recuperado el 23 de Febrero de 2011, de Fruits of warm climates: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/tree_tomato.html

Ponce, E. (2006). Aroma y sabor. En S. Badui, *Química de los Alimentos* (p. 445 - 480). México: Pearson Educación.

Pontificia Universidad Católica del Perú. (2008). *Propiedades de los Líquidos*. Recuperado el 30 de 10 de 2011, de Química General: <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/propiedades-de-los-liquidos>

Primo Yúfera, E. (1998). Cítricos y derivados. En E. Primo Yúfera, *Química de los Alimentos* (p. 235). Madrid: Síntesis.

Ramírez, N. (2011). *Optimización del proceso de elaboración de la pulpa de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav), maximizando la retención de ácido ascórbico*. Loja: Centro de Transferencia de Tecnología e Investigación Industrial.

Ramírez, T. (Octubre de 2009). *Perfil del tomate de árbol*. Recuperado el 31 de Enero de 2013, de www.pucesi.edu.ec/pdf/tomate.pdf

Rojo, C. (2009). Scavenging activity of diclofenac. Interaction with abts radical cation and peroxy radicals. Recuperado el 18 de Enero de 2012, de Journal of the Chilean Chemical Society: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072009000100014

Sánchez, M. T. (2003). Industria de elaboración de alimentos infantiles de frutas. En M. T. Sánchez, *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas* (pág. 438). Madrid: Mundi-Prensa.

Sierra, I. (2007). Determinación de pH en cerveza. En I. Sierra, *Experimentación en Química Analítica* (p. 129). Madrid: Dykinson.

Skoog, D. (1997). Química de soluciones acuosas. En D. Skoog, *Química Analítica* (p. 35-37). México: McGraw-Hill.

Solagro. (2006). *Tomate de árbol*. Recuperado el 25 de Abril de 2011, de Solagro:Cultivos- Información completa: <http://solagro.com.ec/cultdet.php?vcultivo=Tomate%20de>

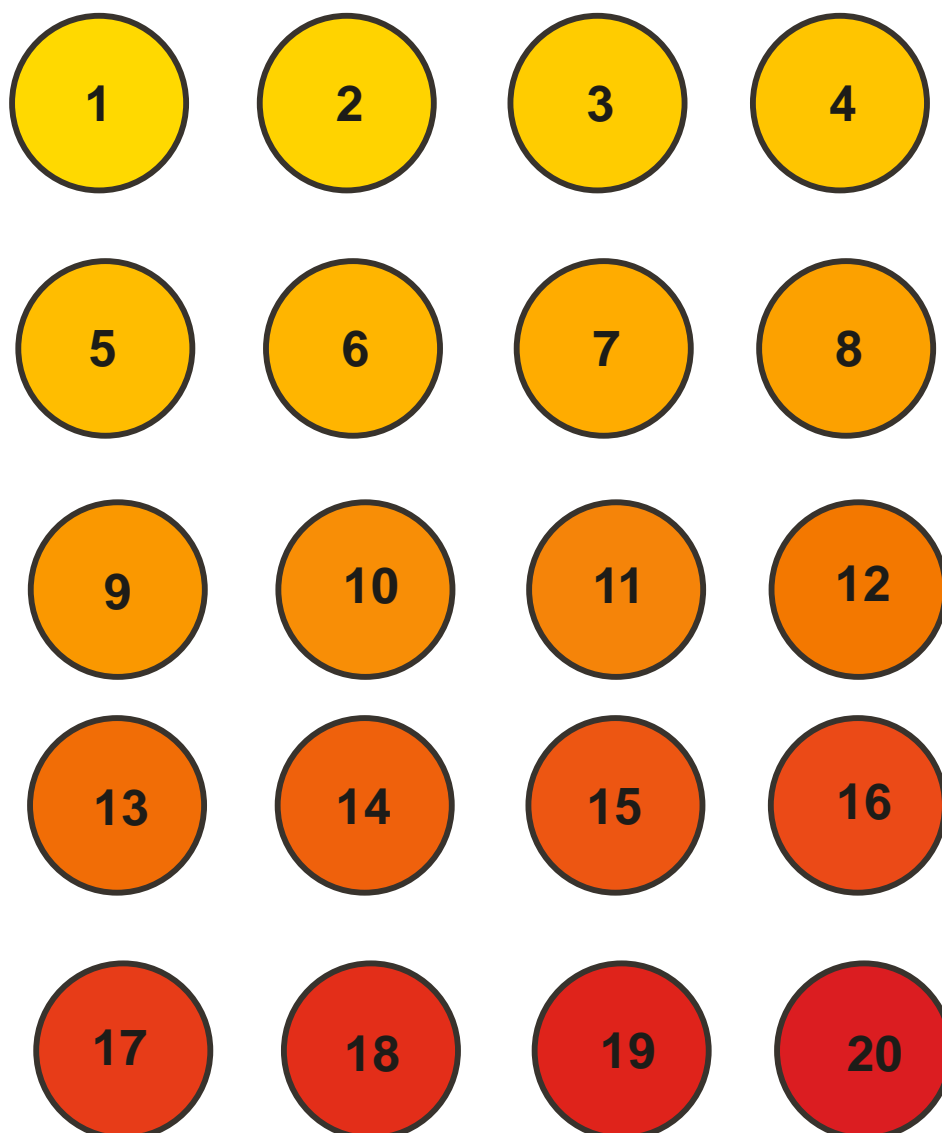
Thompson, J. (2008). Nutrientes implicados en la función antioxidante. En J. Martínez, *Nutrición* (p. 388 - 424). Madrid: Pearson Educación .

Universidad Nacional de Colombia. (28 de Febrero de 2006). *Procesamiento y Conservación de Frutas*. Recuperado el 17 de Febrero de 2011, de Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p6.htm>

Valdés, S. (2006). Hidratos de carbono. En S. Badui, *Química de los Alimentos* (p. 29 - 117). México: Pearson Educación.

ANEXOS

ANEXO 1. Escala de colores de los jugos de tomate de árbol.



Elaborado por: Carrera Pablo

Software: Corel Draw X6

ANEXO 2. Modelo de cuestionario para las evaluaciones hedónicas

Nombre:

Fecha:

Producto: Jugo de tomate de árbol

1. Pruebe las muestras de jugo que se le presentan e indique, según la escala, cuanto le agrada o desagrada cada una, marque una X en donde corresponda.

| Muestra | 293 | | | 320 | | | 509 | | | 710 | | | 677 | | |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Aspecto | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R |
| Muy agradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligeramente agradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ni agradable ni desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligeramente desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muy desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |

2. Comentarios

Modelo de cuestionario para las evaluaciones hedónicas

Nombre:

Fecha:

Producto: Jugo de tomate de árbol

1. Pruebe las muestras de jugo que se le presentan e indique, según la escala, cuanto le agrada o desagrada cada una, marque una X en donde corresponda.

| Muestra | 948 | | | 768 | | | 411 | | | 632 | | | 576 | | |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Aspecto | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R | S A B O R | C O L O R | O L O R |
| Muy agradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligeramente agradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ni agradable ni desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligeramente desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muy desagradable | | | | | | | | | | | | | | | |

2. Comentarios

ANEXO 3. pH de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

Temperatura = 20°C

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|-------------|
| Repetición | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | pH | | | | | | | | | |
| 0 | 3,64 | 3,72 | 3,64 | 3,74 | 3,69 | 3,69 | 3,66 | 3,64 | 3,65 | 3,66 |
| 5 | 3,79 | 3,75 | 3,83 | 3,80 | 3,79 | 3,72 | 3,74 | 3,76 | 3,72 | 3,74 |
| 10 | 3,81 | 3,81 | 3,86 | 3,83 | 3,83 | 3,80 | 3,77 | 3,79 | 3,81 | 3,79 |
| 15 | 3,90 | 3,88 | 3,94 | 3,87 | 3,90 | 3,87 | 3,90 | 3,85 | 3,88 | 3,88 |
| 20 | 3,94 | 4,03 | 3,95 | 4,00 | 3,98 | 3,89 | 3,97 | 3,90 | 3,92 | 3,92 |

ANEXO 4. Acidez titulable de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

Temperatura = 20 °C

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|------------------------------------|---|-------|-------|-------|--------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|
| Repetición | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | Acidez titulable g ácido cítrico /100 g jugo | | | | | | | | | |
| 0 | 0,886 | 0,847 | 0,879 | 0,860 | 0,868 | 0,911 | 0,911 | 0,963 | 0,937 | 0,931 |
| 5 | 0,808 | 0,840 | 0,827 | 0,821 | 0,824 | 0,866 | 0,886 | 0,892 | 0,886 | 0,883 |
| 10 | 0,782 | 0,756 | 0,743 | 0,756 | 0,759 | 0,860 | 0,873 | 0,847 | 0,860 | 0,860 |
| 15 | 0,711 | 0,698 | 0,730 | 0,724 | 0,716 | 0,782 | 0,821 | 0,808 | 0,802 | 0,803 |
| 20 | 0,672 | 0,646 | 0,640 | 0,666 | 0,656 | 0,711 | 0,685 | 0,705 | 0,711 | 0,703 |

ANEXO 5. Grados Brix de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

Temperatura = 20°C

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|------------|-------------|-----|-----|-----|------------|
| Repetición | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | °Brix | | | | | | | | | |
| 0 | 5,0 | 5,2 | 5,0 | 5,2 | 5,1 | 4,7 | 4,8 | 4,9 | 4,8 | 4,8 |
| 5 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 4,8 | 4,9 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,8 | 4,7 |
| 10 | 4,6 | 4,7 | 4,6 | 4,8 | 4,7 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,4 | 4,3 |
| 15 | 4,3 | 4,4 | 4,4 | 4,2 | 4,3 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,0 | 4,1 |
| 20 | 3,8 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 3,6 | 3,7 | 3,6 | 3,6 |

ANEXO 6. Viscosidad de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

Temperatura= 20 °C

Aguja = #2

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | Viscosidad , cP | | | | | | | | | |
| 0 | 20640 | 19760 | 20177 | 20540 | 20279 | 15520 | 15970 | 16080 | 16200 | 15943 |
| 5 | 23250 | 22500 | 23480 | 22798 | 23007 | 17520 | 18220 | 18610 | 17930 | 18070 |
| 10 | 24880 | 26010 | 25920 | 26885 | 25924 | 22880 | 21740 | 22960 | 22150 | 22433 |
| 15 | 27600 | 28200 | 27440 | 28530 | 27943 | 24800 | 25230 | 25100 | 25475 | 25151 |
| 20 | 28350 | 28150 | 29210 | 28215 | 28481 | 26120 | 26235 | 25810 | 25175 | 25835 |

ANEXO 7. Tensión superficial de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

Temperatura = 20 °C

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|-----------------------------|--|-----|-----|-----|------------|------|-----|-----|-----|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | Tensión superficial, dina cm ⁻¹ | | | | | | | | | |
| 0 | 91 | 91 | 104 | 91 | 94 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 |
| 5 | 104 | 104 | 117 | 104 | 107 | 78 | 91 | 91 | 78 | 85 |
| 10 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 104 | 91 | 91 | 104 | 98 |
| 15 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 117 | 117 | 117 | 104 | 114 |
| 20 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 |

ANEXO 8.Capacidad antioxidante expresada como ácido ascórbico de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|------------------------------------|--|------|------|------|-------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|
| Repetición | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | Capacidad antioxidante, mg ácido ascórbico/100 jugo | | | | | | | | | |
| 0 | 22,9 | 30,5 | 31,7 | 27,1 | 28,1 | 57,4 | 73,5 | 58,2 | 73,7 | 65,7 |
| 5 | 43,4 | 46,9 | 44,3 | 46,2 | 45,2 | 96,8 | 101,9 | 103,5 | 90,1 | 98,1 |
| 10 | 55,9 | 59,4 | 53,7 | 56,4 | 56,4 | 108,5 | 109,2 | 118,1 | 101,7 | 109,4 |
| 15 | 62,4 | 64,2 | 54,7 | 55,7 | 59,3 | 109,0 | 111,1 | 101,9 | 96,7 | 104,7 |
| 20 | 44,5 | 44,9 | 49,9 | 48,3 | 46,9 | 75,5 | 96,3 | 89,8 | 90,0 | 87,9 |

ANEXO 9. Capacidad antioxidante expresada como trolox de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|------------------------------------|---|-------|------|------|-------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|
| Repetición | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | Capacidad antioxidante, mg trolox / 100 g jugo | | | | | | | | | |
| 0 | 38,1 | 49,9 | 42,1 | 44,6 | 43,7 | 78,7 | 101,8 | 81,3 | 103,6 | 91,4 |
| 5 | 69,9 | 75,4 | 59,4 | 74,4 | 69,8 | 135,3 | 144,2 | 146,4 | 125,7 | 137,9 |
| 10 | 75,2 | 80,0 | 86,1 | 90,2 | 82,9 | 152,2 | 153,1 | 162,0 | 143,9 | 152,8 |
| 15 | 99,6 | 102,3 | 87,6 | 75,0 | 91,1 | 149,8 | 155,9 | 144,2 | 136,7 | 146,7 |
| 20 | 71,7 | 72,3 | 67,0 | 77,6 | 72,2 | 104,8 | 134,7 | 126,7 | 127,0 | 123,3 |

ANEXO 10. Color de los jugos de tomate de árbol preparados después de exponer el fruto a diferentes tiempos de cocción

| Tipo de tomate de árbol | Criollo Puntón | | | | | Rojo | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|----|---|----|-----------|-------------|----|----|----|-----------|
| Repetición | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} | 1 | 2 | 3 | 4 | \bar{x} |
| Tiempo de cocción (minutos) | Número color | | | | | | | | | |
| 0 | 10 | 10 | 9 | 11 | 10 | 13 | 13 | 13 | 14 | 13 |
| 5 | 9 | 9 | 8 | 10 | 9 | 15 | 14 | 14 | 15 | 15 |
| 10 | 6 | 8 | 6 | 8 | 7 | 20 | 20 | 19 | 18 | 20 |
| 15 | 5 | 7 | 5 | 7 | 6 | 18 | 18 | 17 | 18 | 18 |
| 20 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 | 17 | 17 | 18 | 17 | 17 |

ANEXO 11. Resultados para la evaluación hedónica del sabor de los jugos de tomate de árbol

| MUESTRAS EVALUACIÓN SABOR | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jueces | A1B1 | A1B2 | A1B3 | A1B4 | A1B5 | A2B1 | A2B2 | A2B3 | A2B4 | A2B5 |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | -1 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | -2 | -1 | 2 | -1 | 2 | 2 | -1 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | -3 | -2 | 1 | -1 | 1 | -2 | 1 | 1 | -2 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 6 | -2 | -2 | 3 | 0 | 2 | -3 | 0 | 2 | -1 | 2 |
| 7 | -2 | -1 | 2 | -2 | 1 | -2 | -1 | 1 | 1 | -1 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| 9 | 1 | -1 | 3 | 3 | 1 | -1 | 0 | 3 | 3 | 2 |
| 10 | -2 | 1 | 2 | 3 | -1 | -2 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 11 | 1 | -1 | 3 | 3 | 1 | -1 | 0 | 3 | 3 | 2 |
| 12 | 1 | 2 | 1 | 2 | -1 | 2 | -1 | 2 | 2 | -1 |
| 13 | -2 | -2 | 3 | 2 | 2 | -3 | 0 | 2 | -1 | 2 |
| 14 | -3 | -2 | 2 | 1 | 1 | -2 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 15 | -2 | 1 | 2 | 3 | -1 | -2 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 16 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| 17 | -2 | -1 | 2 | 0 | 1 | -2 | -1 | 1 | 1 | -1 |
| 18 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 19 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | -1 |
| 20 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Total | -2 | 2 | 42 | 26 | 18 | -2 | 18 | 32 | 32 | 14 |
| Promedio | -0,1 | 0,1 | 2,1 | 1,3 | 0,9 | -0,1 | 0,9 | 1,6 | 1,6 | 0,7 |

| Muestras | Variedad de tomate | Tiempo de cocción |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| A1B1 | Criolla | 0 minutos |
| A1B2 | Criolla | 5 minutos |
| A1B3 | Criolla | 10 minutos |
| A1B4 | Criolla | 15 minutos |
| A1B5 | Criolla | 20 minutos |
| A2B1 | Roja | 0 minutos |
| A2B2 | Roja | 5 minutos |
| A2B3 | Roja | 10 minutos |
| A2B4 | Roja | 15 minutos |
| A2B5 | Roja | 20 minutos |

ANEXO 12. Resultados para la evaluación hedónica del color de los jugos de tomate de árbol

| MUESTRAS EVALUACIÓN COLOR | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jueces | A1B1 | A1B2 | A1B3 | A1B4 | A1B5 | A2B1 | A2B2 | A2B3 | A2B4 | A2B5 |
| 1 | -1 | 2 | 2 | 2 | -1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | -2 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | -2 | -2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 5 | 1 | -1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 6 | -2 | -2 | 3 | 1 | 2 | -2 | 1 | 2 | -1 | 3 |
| 7 | -1 | -1 | 3 | 2 | 2 | -1 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| 8 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 9 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 10 | -1 | 2 | 1 | 3 | 3 | -3 | -1 | 1 | -2 | -3 |
| 11 | -3 | 2 | 2 | 2 | -1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | -1 | 2 | 1 | 3 | 3 | -1 | -1 | 1 | -2 | -3 |
| 13 | 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 14 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 15 | 1 | -1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 16 | -2 | -2 | 3 | 1 | 2 | -2 | 1 | 2 | -1 | 3 |
| 17 | -1 | -1 | 3 | 2 | 2 | -1 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 18 | -2 | -2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 19 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 20 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | -2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| Total | -4 | 4 | 50 | 42 | 46 | 0 | 22 | 34 | 28 | 30 |
| Promedio | -0,2 | 0,2 | 2,5 | 2,1 | 2,3 | 0 | 1,1 | 1,7 | 1,4 | 1,5 |

| Muestras | Variedad de tomate | Tiempo de cocción |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| A1B1 | Criolla | 0 minutos |
| A1B2 | Criolla | 5 minutos |
| A1B3 | Criolla | 10 minutos |
| A1B4 | Criolla | 15 minutos |
| A1B5 | Criolla | 20 minutos |
| A2B1 | Roja | 0 minutos |
| A2B2 | Roja | 5 minutos |
| A2B3 | Roja | 10 minutos |
| A2B4 | Roja | 15 minutos |
| A2B5 | Roja | 20 minutos |

ANEXO 13. Resultados para la evaluación hedónica del olor de los jugos de tomate de árbol

| MUESTRAS EVALUACIÓN OLOR | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jueces | A1B1 | A1B2 | A1B3 | A1B4 | A1B5 | A2B1 | A2B2 | A2B3 | A2B4 | A2B5 |
| 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | -1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 4 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | -2 | -2 | 3 | 1 | 2 | -2 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 7 | -1 | 0 | 1 | -1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 8 | 2 | -2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 9 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | -1 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 11 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | 2 | 2 | 2 | -1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 13 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 14 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | -1 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| 16 | -2 | -2 | 3 | 1 | 2 | -2 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 17 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 18 | 2 | -2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 19 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 20 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Total | 16 | 12 | 40 | 28 | 34 | 12 | 26 | 34 | 40 | 36 |
| Promedio | 0,8 | 0,6 | 2 | 1,4 | 1,7 | 0,6 | 1,3 | 1,7 | 2 | 1,8 |

| Muestras | Variedad de tomate | Tiempo de cocción |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| A1B1 | Criolla | 0 minutos |
| A1B2 | Criolla | 5 minutos |
| A1B3 | Criolla | 10 minutos |
| A1B4 | Criolla | 15 minutos |
| A1B5 | Criolla | 20 minutos |
| A2B1 | Roja | 0 minutos |
| A2B2 | Roja | 5 minutos |
| A2B3 | Roja | 10 minutos |
| A2B4 | Roja | 15 minutos |
| A2B5 | Roja | 20 minutos |

Anexo 14. Norma INEN del tomate de árbol.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 909:2009
Primera revisión

FRUTAS FRESCAS. TOMATE DE ÁRBOL. REQUISITOS.

Primera Edición

FRESH FRUIT. TREE TOMATO. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, frutas, frutas frescas, tomate de árbol, requisitos.
AL 02.03-449
CDU: 634.675
CIIU : 1110
ICS: 67.080.10

| | | |
|--|--|---|
| Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria | FRUTAS FRESCAS. TOMATE DE ÁRBOL. REQUISITOS. | NTE INEN 1 909:2009 Primera revisión 2009-07 |
| <p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el tomate de árbol destinado para consumo en estado fresco acondicionado y/o envasado para su comercialización dentro del territorio ecuatoriano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al tomate de árbol <i>Solanum betaceum</i> Cav. (anteriormente <i>Cyphomandra betacea</i> sent).</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 1 751 y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Tomate de árbol. Solanum betaceum</i> Cav. El fruto es una baya que se encuentra suspendida por un pedúnculo largo, generalmente de forma ovalada, pero en los huertos ecuatorianos, se ha visto frutos ovoides, esféricos trompiformes y piriformes. La epidermis es lisa y brillante, el color varía entre genotipos, desde el verde que es común en todos cuando está inmaduro, a morado cuando el fruto está próximo a la madurez de consumo, tomando tonalidades de amarillo, anaranjado (tomate), rojo y púrpura oscura. La pulpa es de color anaranjado claro o intenso, tiene sabor agridulce típico, algo más dulzón en las líneas neozelandesas.</p> <div data-bbox="584 1176 1094 1599" data-label="Image"> </div> <p>3.1.2 <i>Fruta fuera de norma.</i> Es aquella fruta que no cumple con los requisitos establecidos en esta norma.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, frutas, frutas frescas, tomate de árbol, requisitos.</p> | | |

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Independiente del calibre, la clasificación del tomate de árbol admite tres grados que se definen a continuación:

4.1.1 Grado extra. Los tomates de árbol de este grado deben cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 6.1 Su forma y color deben ser característicos del genotipo. No deben tener defectos que demeriten la calidad del fruto.

4.1.2 Grado I. Los tomates de árbol de este grado deben cumplir con los requisitos generales definidos en 6.1 y poseer el color y las formas características del genotipo, se aceptan los siguientes defectos, siempre que éstos no afecten a la pulpa:

- manchas ocasionadas por el golpe del granizo y/o manchas causadas por el sombreamiento que se produce por el contacto entre los frutos en el árbol, estos defectos en conjunto no deben exceder el 10% del área total del fruto.
- pedúnculo curvo

4.1.3 Grado II. Este grado comprende los tomates de árbol que no pueden clasificarse en los grados anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en 6.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando los tomates de árbol conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación, aspecto general y presentación:

- defectos en la coloración causados por el sombreamiento que se produce por el contacto entre los frutos en el árbol,
- manchas superficiales y/o raspaduras cicatrizadas ocasionadas por el golpe del granizo.

Estos defectos no deben exceder el 20 % del área total del fruto.

4.2 Calibre. El calibre se determina por el diámetro máximo de la fruta, en mm, y la longitud, en mm y la masa expresada en g, la correlación entre calibre, diámetro, longitud y masa es la siguiente:

TABLA 1. Calibres del tomate de árbol

| Calibre | Diámetro, mm (ver 8.1.1) | Longitud, mm (ver 8.1.1) | Masa promedio, g (ver 8.1.2) |
|---------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Grande | > 55 | > 70 | > 120 |
| Mediano | 45 - 55 | 60- 70 | 60 - 120 |
| Pequeño | < 45 | < 60 | < 60 |

4.3 Tolerancias. Se admiten tolerancias de calidad y calibre en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan los requisitos del grado indicado.

4.3.1 Tolerancias de calidad

4.3.1.1 Grado extra. Se admite hasta el 5 % en número o en masa de los tomates de árbol que no correspondan a los requisitos de este grado.

4.3.1.2 Grado I. Se admite hasta el 10 % en número o en masa de los tomates de árbol, que no correspondan a los requisitos de este grado.

4.3.1.3 Grado II. Se admite el 10%, en número o en masa, de los tomates de árbol, que no satisfagan los requisitos de este grado, ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por magulladuras graves, descomposición o cualquier otro tipo de deterioro que no sean aptos para el consumo.

(Continúa)

4.3.2 Tolerancias de calibre

4.3.2.1 Para todos los grados se acepta hasta el 10% en número o en masa de frutos, que corresponda al calibre inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los frutos destinados a la comercialización, deben cumplir con los grados y calibres considerados anteriormente, deben estar bien formados, pulpa carnosa y de color típico. El producto no debe tener heridas, pudriciones y daños causados por insectos.

5.2 El proveedor debe garantizar que la muestra inspeccionada cumpla con el grado y calibre declarado en el rótulo o etiqueta del envase o embalaje.

5.3 Los genotipos o cultivares más conocidos y comercializados son:

- a) Tomate común: de forma alargada, color morado y anaranjado.
- b) Tomate redondo: de color anaranjado rojizo.
- c) Tomate gigante: de forma oblonga, de color morado y anaranjado.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos generales

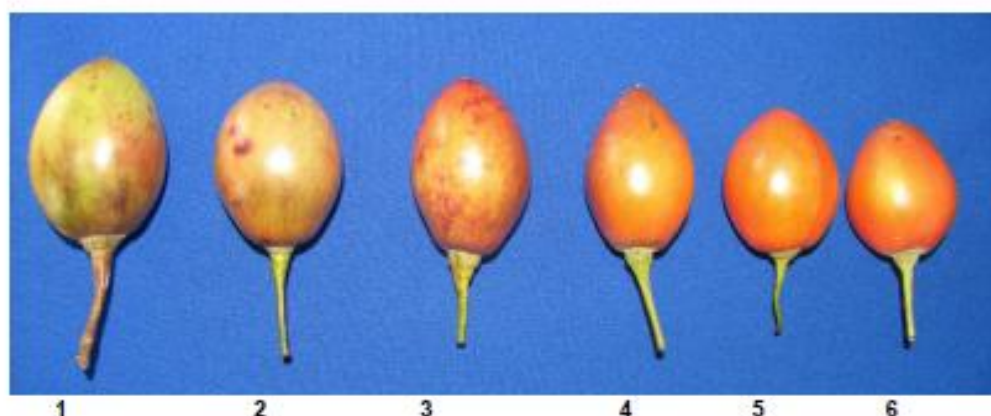
6.1.1 Todos los grados del tomate de árbol deben estar sujetos a los requisitos y tolerancias permitidas. Además, deben tener las siguientes características físicas:

- enteros,
- sanos, y exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- limpios y exentos de cualquier materia extraña visible;
- exentos de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- exentos de cualquier olor y/o sabor extraños;
- ser de consistencia firme;
- tener un aspecto fresco;
- tener una piel brillante.

6.1.2 La madurez de los tomates de árbol puede evaluarse visualmente según su coloración externa. Su condición puede confirmarse determinando el índice de madurez.

6.1.2.1 La escala de color del tomate de para determinar su madurez es la que se indica a continuación.

(Continúa)



Color de 1 a 2 VERDE
 Color de 3 a 4 PINTON
 Color de 5 a 6 MADURO

6.1.2.2 Los tomates de árbol deben cumplir con los requisitos indicados en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos físico químicos del tomate de árbol

| | MADUREZ DE CONSUMO | | METODO DE ENSAYO |
|---|--------------------|------|------------------|
| | Min | Máx. | |
| Acidez titulable % (ácido cítrico) | - | 2,0 | NTE INEN 381 |
| Sólidos solubles totales, °Brix | 8,5 | - | NTE INEN 380 |
| Contenido de pulpa, % | 70 | - | Ver 8.3 |
| Índice de madurez (°Brix/ácido cítrico) | 4,5 | - | Ver 8.2 |

6.1.3 Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El desarrollo y condición de los tomates de árbol deben ser tales que les permitan:

- a) Soportar el transporte y la manipulación, y
- b) Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

6.2.2 Para su comercialización se debe tener en cuenta que el fruto no es climatérico.

6.2.3 Condiciones de almacenamiento.

6.2.3.1 Para evitar daños al fruto no debe exponerse al sol.

6.2.3.2 Las áreas de transporte y almacenamiento deben mantenerse frescas y ventiladas.

6.2.4 La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley de Calidad.

(Continúa)

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo. El muestreo de los tomates de árbol se realizará de acuerdo con la NTE INEN 1 750.

7.2 Aceptación y rechazo. Si la muestra inspeccionada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se considera rechazada. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio, en este segundo caso, será motivo para considerar el lote como fuera de norma, y se debe rechazar el lote quedando su comercialización sujeta al acuerdo de las partes interesadas.

8. MÉTODO DE ENSAYO

8.1 Determinación del calibre

8.1.1 Diámetro máximo. Se mide el diámetro con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).

8.1.2 Longitud. Se mide la longitud con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).

8.1.3 Masa. La masa de los tomates de árbol se determina mediante el uso de una balanza y el resultado se expresa en gramos.

8.2 Determinación del índice de madurez. Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales (°Brix) y el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa como °Brix/ % ácido cítrico.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{SST(°Brix)}}{\text{Acidez titulable}}$$

8.3 Determinación del contenido de pulpa. Se obtiene mediante la extracción manual (separando la pulpa de la cáscara y las semillas) y se establece la relación de la masa de la pulpa con respecto a la masa total de la fruta. El resultado se expresa en porcentaje (%).

$$\text{Contenido de pulpa} = \frac{P \text{ pulpa (g)}}{P \text{ fruta (g)}} \times 100$$

9. EMBALAJE

9.1 El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos del mismo genotipo, grado, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

9.2 Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto, así por ejemplo en cajas de madera, cartón corrugado o de otro material adecuado que reúna las condiciones de higiene, limpieza, ventilación y resistencia a la humedad, manipulación y transporte, de modo que garantice una adecuada conservación del producto.

9.3 Las características del embalaje de madera se encuentran establecidas en la NTE INEN 1 735.

10. ROTULADO

10.1 Los envases deben llevar etiquetas o impresiones con caracteres legibles e indelebles redactados en español (sin perjuicio de que además se expresen en otro idioma) y colocadas en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, debiendo contener la información mínima siguiente:

(Continúa)

- a) Identificación del productor, empacador y/o distribuidor (marca comercial, nombre, dirección o código).
- b) Nombre del producto: TOMATE DE ÁRBOL
- c) País de origen y región productora.
- d) Características comerciales: grado, calibre, contenido neto expresado en unidades del Sistema Internacional.
- e) Fecha de empaque.
- f) Impresión con la simbología que indique el manejo adecuado del producto, ver NTE INEN 2 058

10.2 Si se usan impresiones litográficas, éstas no deben estar en contacto con el producto.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

| | |
|---|--|
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 380 | <i>Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 381 | <i>Conservas vegetales. Determinación de la acidez titulable. Método potenciométrico de referencia</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 735 | <i>Embalajes de madera para frutas y hortalizas. Requisitos.</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 750 | <i>Hortalizas y frutas frescas. Muestreo.</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 751 | <i>Frutas frescas. Definiciones y clasificación.</i> |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 058 | <i>Embalajes. Símbolos gráficos para la manipulación de mercancías.</i> |
| CODEx ALIMENTARIUS CAC/MRL 1-2001 | <i>Lista de Límites Máximos para Residuos de Plaguicidas</i> |
| Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad 2007-76 | <i>Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22</i> |

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Colombiana NTC 4105. *Frutas frescas. Tomate de árbol. Especificaciones.* Instituto Colombiano de normas Técnicas y Certificación ICONTEC. Santafé de Bogotá. Colombia. 1997.

"*Estudios de Mercado para Frutas y Hortalizas Seleccionadas*", Francisco Ferrucci Pédola, Consultor IICA/PROCIANDINO. Cooperación en levantamiento del texto: Sra. Maritza Cubero – SICA.

www.ecuaquimica.com 2008

Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones – CORPEI. Av. de las Américas 406 Guayaquil – Ecuador.

INIAP – PROMSA *Manual de cultivo del Tomate de Árbol (Solanum betaceum Cav.)* Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, Programa de Fruticultura, GET, Quito 2004.